Lane Medical Library

187

PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

UEBER

DIE RESPIRATIONSCURVE

BEIM KANINCHEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWUERDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHUELFE,

WELCHE

NEBST BEIGEFUEGTEN THESEN

MIT

ZUSTIMMUNG DER HOHEN MEDICINISCHEN FACULTAET

DER

UNIVERSITAET GREIFSWALD

AM X. FEBRUAR MDCCCLXXIV

OEFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

ADOLPH KRATZERT

AUS RADDEN O. S.

OPPONENTEN:

MAX FORNER, STUD. MED.

LORENZ GROPPE, DR. MED.

ERNST TILLESSEN, DR. MED.

GREIFSWALD.

DRUCK VON FR. HACHE.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153715_0382

MEINER

THEUREN MUTTER

AUS

TIEFSTER

VEREHRUNG

UND

DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

I.

Einleitung.

Das als Lebensbedingung aufgestellte Gesetz der Sauerstoffzufuhr zu den Lungen und der Entleerung der Kohlensäure aus denselben, bildet die physiologische Grundlage des Athmungsprozesses. Die Realisirung desselben beruht auf demselben physikalischen Principe, welches man bei den künstlichen Aspiratoren, den Blasebälgen und ähnlichen Vorrichtungen in Anwendung bringt, und wird emöglicht durch die Capacitätsveränderung der Brusthöhle, wonach sich die Capacität der Lungen regelt, deren Oberfläche mit jener der Brustwand nothwendiger Weise in Berührung bleiben muss. Die Lungenluft steht durch Nase und Mundhöhle in unmittelbarer Verbindung mit der äussern Luft. Im Zustande der Ruhe haben beide die gleiche Spannung. Durch Ausdehnung des Thorax mindert sich die Spannung der Luft in den Lungen und zur Herstellung des Gleichgewichts dringt die Luft nach innen. Nimmt dann die Capacität des Thorax ab, so bekommt die Luft in den Lungen eine stärkere Spannung und die Herstellung des Gleichgewichts erlangt jetzt ein Austreten der Luft. Die ein- und ausgeathmeten Luftvolumina sind aber keineswegs beliebig lage, sondern ihre Werthe werden bestimmt durch die Thoraxexcursionen, deren Grössenverhältnisse proportionale Ausdrücke darstellen.

In Folge dieser innigen Beziehung zwischen der äussern Thoraxform und dem Verhalten der Lungen, ge-

winnt das Studim des erstern, im Interesse der physiologischen Erkenntniss der Athembewegungen einen besonderen Reitz. Zahlreiche Versuche sind denn nun auch über diesen Punkt angestellt und vielleicht ebenso viele Instrumente *) zu diesem Zwecke erfunden, ohne dass jedoch die gewonnenen Beobachtungen der einzelnen Forscher ein einstimmiges Resultat ergeben hätten. Wenn Meinungsdifferenzen der fremdartigsten Art sich jemals Betreffs einer Sache gegenüber gestanden haben, so war es auf dem Gebiete der Respiration. In der That eine Entdeckung, die um so befremdender, da der Gegenstand der Untersuchung ein ja Jedermann bekannter und durch alltägliche Beobachtung und Selbststudium auch vom Laien controllirt werden zu können scheint. Das dem aber doch nicht so sei, dafür bürgen die berühmten Namen der Forscher und das lehrt ein eingehendes Détailstudium der Respirationsmechanik bis zu einer ungeahnten Ueberraschung.

Das rhythmische Spiel der Thoraxexcursionen kann wohl als die complicirteste Bewegung am ganzen Organismus angesehen werden, nicht so sehr was die Anlage des Mechanismus betrifft, als rücksichtlich der dem Respirationsacte vorstehenden psychischen Kräfte und deren variablen Influescenz. — Es ist die Athembewegung bedingt durch die Anwesenheit und Functionsfähigkeit gewisser gangliöser Organe, die als selbstständiges Centrum, unbeeinflusst von andern psychischen Erscheinungen, die anregende und unterhaltende Triebfeder dieses lebensbedingenden Processes ausmachen und deren Sitz die

*) Instrumente sind erfunden und beschrieben worden von Woillez, Weil, Alison, Konradi, Sibson, Wintrich, Quain, Vierordt und Ludwig, Rosenthal, Gerhardt, Marey, Bergeon und Kastus, Ransome, Fick, Bert (Leçons sur la Physiologie comparée de la Respiration par Paul Bert, Paris 1870) und Riegel (Vergl. Dr. Riegels Athembewegungen. Würzburg 1873, pag. 11—38.)

psychiologische Forschung in der medulla oblongata, in der Gegend des calamus scriptorius (noeud vital) mit Bestimmtheit erkannt hat. Demnach ist die Respirationsbewegung, ihrer primären Anlage nach, eine rein unwillkührliche Bewegung, ähnlich der Herzbewegung. Sie unterscheidet sich aber von der Letzteren dadurch, dass sie secundaer auch durch die psychische Kraft des Willens beeinflusst und modificirt werden kann. Diese Complication eines bedingenden, seinem Wesen nach unbekannten Agens mit dem unbegrenzten Willensspiele constituiren eine Kraft, deren Effecte sich einer genauen Praecisirung schwer fügen, wenn nicht gar entziehen.

Das physiologische Gesetz der Athembewegung ist, wenngleich auch annähernd vermuthet und ausgesprochen, noch noch keineswegs des Gewandes der Hypothese ledig. Seine Conturen sind noch zu weitgreifend, als dass sie ein bestimmtes Bild mit dem Stempel apodictischer Gewissheit geben könnten.

Hierzu kommt noch eine Reihe theils rein äusserlicher, theils im Organismus selbst begründeter Verhältnisse, die den an sich schon so complicirten Act der respiratorischen Thoraxveränderungen noch weiterhin modificiren und dem nach Erkenntniss der physiologischen Basis strebenden Forscher nicht zu unterstützende Schwierigkeiten in den Weg stellen.

Jedermann kann an sich die Erfahrung machen, dass nach Einwirkung von Schreck der Athmungsrhythmus sich wesentlich von dem der Ruhe unterscheidet.

Ja selbst Aufmerksamkeit auf irgend einen Vorgang z. B. den Act der Untersuchung ist schon im Stande die Respirationscelerität zu modificiren.

Welch' minutiöse, dem Laien sich entziehende Verhältnisse auf den Athmungsvorgang schon von Einfluss sind, lehren folgende Beobachtungen: So beobachtete Vierordt bei warmer Witterung eine Abnahme in der

Anzahl und Tiefe der Athmungen. Bei den gewöhnlichen Differenzen des Barometerstandes nahm die Anzahl der Athemzüge zu. Während der Verdauung wurde deutlich häufiger und tiefer geathmet. Selbst die verschiedenen Körperstellungen haben einen Einfluss auf den Respirationsact; so beobachtete Groham bei Kindern von 2—4 Jahren während des Schlafens im Mittel 24 Respirationen in der Minute, im Stehen dagegen 32, und Guy fand bei Erwachsenen im Liegen 13, im Sitzen 19, im Stehen 22 Respirationen.

Ferner ist das Lebensalter und Geschlecht für die Respiration von erheblichem Einfluss. Aus den Angaben Quetelet's*), der 300 Individuen vom verschiedensten Alter untersuchte, ergiebt sich, dass die Athemfrequenz am grössten bei Neugebornen war, dass sie im Alter von 1—5 Jahren beträchtlich abnahm, während vom 20. Lebensjahre an die Aenderungen in der Athemfrequenz nur geringe waren.

Zu all' diesen störenden Einflüssen gesellt sich zuletzt noch eine mehr oder minder grosse Ungenauigkeit des betreffenden Messapparates hinzu, welche durch ungeschickte Handhabung beim Gebrauche desselben, selbst für erhebliche Fehlerquellen eine neue Veranlassung werden kann.

Alle die beeinflussenden Momente zu kennen und ihre störenden Einwirkungen fern zu halten, ist die nicht geringe Aufgabe desjenigen, der das natürliche Gesetz des Respirationsactes aus dem rhythmischen Wechselspiele der Thoraxveränderungen zu erforschen und als physiologisches Dogma in bestimmte Formen zu bringen versucht. Es scheint von meiner Seite vielleicht etwas gewagt, als ungekannter Neuling an eine Aufgabe heran-

---

*) Quetelet, Ueber den Menschen und die Entwickelung seiner Fähigkeiten, Deutsch v. Riecke.

utreten, deren Lösung bereits vielfach versucht, aber
och nicht vollständig erreicht wurde; doch das Bewust-
ein eine eigene Richtung im Untersuchungsgange betreten
u haben, deren Facit nicht eine Compillation fremder
ntdeckungen, sondern das Resultat selbstständiger Beob-
chtungen bildet, und der Umstand, dass die Wahl des
etreffenden Untersuchungsobjectes eine gewisse Parallele
u früheren Beobachtungen zu ziehen gestattet, haben
ir den Muth gegeben, die Behandlung dieses Gegen-
tandes als Tirocinium zu wählen und nähren die Hoff-
ung, dass etwaige Mängel dem jugendlichen Verfasser
u Gute gehalten, einer nicht allzu strengen Censur und
augigen Critik unterzogen werden mögen. —

II.

Ueber die Art und Weise der Untersuchung.

Die frühesten Untersuchungsmethoden, welche auf
lem Gebiete der Respirationsmechanik angestellt wurden,
estanden zum grossen Theil nur in Beobachtungen am
igenen Thorax.

Dass die hieraus gewonnenen Resultate als höchst
weifelhaft angenommen werden müssen, bedarf wohl keiner
esonderen Hervorhebung, wenn man berücksichtigt, dass
chon die Aufmerksamkeit auf diese Function allein im
tande ist, eine grössere Raschheit des Athmens herbeizu-
ühren und dass ferner eine Untersuchung ohne die me-
hanische Controlle eines Apparates der grossen Mög-
ichkeit optischer Täuschung vollständig preisgegeben ist.
asselbe gilt von jenen Untersuchungen, die zwar bei
remden Personen vorgenommen, wo aber die Eindrücke
les Gesichts und Gefühls einzig und allein den Inhalt
ler gewonnenen Resultate ausmachen.

Eine in neuester Zeit sehr beliebt gewordene und
uch bei Bestimmungen anderer Bewegungen, z. B. der
erzthätigkeit und des Blutstromes, vielfach angewandte

Untersuchungsweise besteht darin, dass man durch eine entsprechende Vorrichtung die Excursionen sofort graphisch zu fixiren sucht. Der in diesem Sinne construirte und bei meinen Untersuchungen angewandte Apparat war der Sphygmograph von Marey. Besondere Gründe, welche mir gerade die Wahl dieses Instrumentes wünschenswerth erscheinen liessen, hatte ich nicht, und nur der Umstand, dass mir dasselbe zur Verfügung gestellt wurde, war die veranlassende Ursache.

Zum Objecte meiner Untersuchung diente mir das Kaninchen. Meines Wissens ist diese Untersuchungsrichtung neu, denn es ist mir nicht bekannt geworden, dass man aus den Thoraxveränderungen beim Thiere, das physiologische Gesetz der Athembewegungen zu erruiren sich bestrebt habe. Wenn man jedoch die Vortheile dieses Studiums berücksichtigt, so kann es einem wirklich Wunder nehmen, dass auf dem Gebiete der Respirationsbewegungen eine experimentelle Forschung am Thierkörper so lange unterbleiben konnte.

Die Momente, welche das Zustandekommen der Athmung beim Kaninchen bedingen, sowie die Anlage des mechanischen Respirationsapparates entsprechen demselben Principe, welchem auch der Respirationsact beim Menschen unterliegt: und somit sind die bei jenem gewonnenen Beobachtungen auch für letzteren von Wichtigkeit und Bedeutung. Abgesehen von der nicht geringen Schwierigkeit, bei der Untersuchung des menschlichen Thorax über ein geeignetes und in hinreichender Menge vorhandenes Untersuchungsmaterial disponiren zu können, ist man beim Studium am thierischen Thorax über dies noch im Stande, den höchst störenden Factor eines variablen Willenspieles bis auf ein Minimum zubeschränken, wenn nicht gänzlich zu eliminiren. Die hohe Entwickelung des menschlichen Geistes erklärt es, dass er allen äussern Vorgängen aufmerksamer folgt, um sich über das Wesen derselben

lechenschaft zu geben. Diese psychische Thätigkeit ist
n aber, welche leicht auf reflectorischem Wege, sei es
m reitzend oder hemmend einwirkt, oder durch Vermit-
lung des Willens unerwünschte Modificationen bedingt.

Wie ferner das Licht durch Anwesenheit von Schatten
hoben wird, so wird das Normale erst im Rahmen
athologischer Verhältnisse zum deutlichen Paradigma
ines physiologischen Gesetzes. Am menschlichen Orga-
ismus ist es aber nicht zu häufig, dass der pathologische
rocess in der gewünschten Weise auftritt und in be-
timmten Grenzen sich hält, sondern sein Weitergreifen
uf andere Organe verwischt sehr leicht das Bild der rein
rankhaft veränderten Respirationstechnik und beeinflusst
o in störender Weise die Praecisirung des angestrebten
egriffes. Dagegen ist man beim Thiere zu jeder Zeit
n Stande auf artificielle Weise pathologische Verhält-
isse zu instituiren und ihre Grenzen in bestimmten
reiten zu fixiren.

Der Gang der Untersuchung bei meinen Versuchen
ar ungefähr folgender: Nachdem das Kaninchen herein-
ebracht worden war liess ich es eine Zeitlang sich
rientiren und suchte dann durch Annähern und Strei-
heln mich mit ihm vertraut zu machen. Zu gleicher
eit hatte ich den Mechanismus in Gang gesetzt, um das
hier auch an das fremde, schnarrende Geräusch des Appa-
ates zu gewöhnen. Sobald eine periodische Unterbrechung
nit beliebiger Instituirung, ohne besondere Schreckens-
usserungen blieb, wurde das Thier mit Vorsicht auf eine
efensterte Unterlage gebunden, so dass es auf dem Rücken
iegend an den ausgestreckten Extremitäten befestigt war.
Wenngleich auch diese Situation als eine der Gewohnheit
nd natürlichen Stellung entgegengesetzte anfangs nicht
leich gefiel, so erfolgte doch die Adaption in den meisten
Fällen wieder Vermuthen schnell, nur musste man darauf
chten, dass die Fesseln nicht schnürten, da sonst auf

diese Weise ein continuirlicher Reizzustand unterhalten wurde. Hierauf wurde der Apparat angepasst und in die für die Untersuchung nothwendige Stellung gebracht, wobei der Druck des Hebels auf dem zu untersuchenden Toraxpunkt das regulirende Moment abgab.

So liess man denn einige Zeit den Apparat arbeiten bis die Pendelschwingungen des Schreibhebels möglichst gleichmässige waren. Hatte man sich von der Regelmässigkeit derselben überzeugt, so liess man eine mit Lampenruss geschwärzte Karte aus Glanzpapier, vermittelst eines eigenen Mechanismus an dem Schreibhebel vorbeiziehen, der nun beim Auf- und Abschwingen eine ununterbrochene Wellenlinie zeichnet. Durch dieses ziemlich einfache aber sehr praktische Verfahren nöthigt man gewissermassen die Natur ihr eigenes Urtheil niederzuschreiben. Ist die Tafel vorüber gelaufen, so setzt man eine neue ein und lässt den Hebel noch einmal schreiben. Dieses wiederholt man so oft, bis die gewonnenen Curven eine constante Regelmässigkeit zeigen, so dass man mit grösstmöglichster Sicherheit annehmen kann, dass die so erhaltenen Curven dem physiologischen Typus entsprechen.

Diese so scheinbar einfache Operation der Curvenaufnahme kann zuweilen die höchsten Grade der Geduld in Anspruch nehmen, und gar nicht zu selten tritt der Fall ein, dass eine Sitzung von mehreren Stunden einen vollständig negativen Erfolg hat. Während oft ein eigenthümlich vereintes Einwirken störender Verhältnisse die Schuld davon trägt, sind im andern Falle minimale Momente die veranlassende Ursache. So hat man vor Allem darauf zu achten, dass das Stativ, welches den Apparat trägt, recht fest steht, da es sonst den Bewegungen des Thorax folgend die Curven wesentlich beinflussen und eine falsche Auffassung des ganzen Processes zur Folge haben kann. Auch ist es nicht ohne Bedeutung für die Richtigkeit des Verfahrens und die Zuverlässigkeit der Re

sultate, dass der Schreibhebel nur leise die Karte berührt, da eine stärkere Reibung leicht Afterbildungen an den Curven hervorruft, die dann dem ungenauen Beobachter zu falscher Deutung Veranlassung geben. Zuletzt ist das völlige Intactsein und die peinlich genaue Reinhaltung des Apparates eine nothwendige Bedingung, wenn man auf Wahrheit der Beobachtungen Anspruch machen will, da selbst schon geringe Vernachlässigung dieser Prophylaxe ein unregelmässiges Arbeiten des Apparates bedingt, in Folge dessen die Curven modificirt werden und leicht falsche Eindrücke von Pausen- und Zackenbildung entstehen.

Um die erhaltenen Bilder auch aufbewahren zu können, muss man dieselben fixiren. Eine ebenso einfache als practische Methode ist das Ueberziehen derselben mit einer Auflösung von Schellak in Alkohol. Hierdurch erhält die Karte ein schönes, glänzendes Aussehen und ist gegen ein Verwischen ziemlich sicher geschützt.

Die Aufnahme sämmtlicher von mir angefertigter Curven geschah von proc. ensiformis aus und zwar aus dem Grunde, weil dieser Punkt bei den Thoraxexcursionen eine grosse Schwingungsbreite besitzt, wodurch die Secundaerbewegung des Schreibhebels ebenfalls ergiebiger wird, und auf diese Weise etwaige Modificationen bei den relativ kleinen Bildern hierdurch deutlicher hervortreten können. —

Die im Verlaufe der Arbeit genannten Zahlenausdrücke fand ich durch Berechnung der Curven vermittelst des Ocularmikrometers. Ich bediente mich zu diesem Zwecke des Hartnack'schen Mikroscopes, nicht ausgezogen, mit der ersten Linse von No. 4., Ocular 2 mit Mikrometer. Hiervon entspricht für den gebrauchten Mareyschen Sphygmographen 1 Raumtheil =

1 = 0,0714 M. m.,

oder dem entsprechend

= 0,0108 Sec.

Im nächsten Kapitel wird uns zunächst das Studium der normalen Respirationscurve beschäftigen, der sodann die übrigen unter den verschiedenen Bedingungen aufgenommenen Curven ebenfalls in gesonderten Abschnitten folgen werden.

III.

Normaler Respirationstypus.

Bei der Betrachtung und Analysirung der gewonnenen Curven können wir nicht umhin, gleich anfangs einige Fragen zu berühren deren Entscheidung einen Streitpunkt bildet, der zu den grössten gehört, die uns auf dem Gebiete der Respirationstechnik begegnen. Ich will es daher nicht unterlassen der verschiedenen Meinungsdifferenzen zu erwähnen, werde mich aber auch zugleich bemühen, meine Stellung, welche ich diesen Controverspunkten gegenüber behaupte, in einem eigenen Glaubensbekenntnisse niederzulegen.

Das rhytmische Spiel der In- und Exspiration bildet das Wesen der äussern uns sichtbaren Athmung, d. i. des sogenannten Respirationsmechanismus, welches sich in dem graphischem Bilde der Curve als auf- und absteigender Schenkel praesentirt. Die Beobachtung, dass gewisse Bedingungen eigenthümliche Modificationen der Curven hervorrufen, die jedoch auch in den variabelsten Formen meistens einen bestimmten Typus zu erkennen geben, musste zu dem Schlusse führen, dass zwischen den beiden Componenten der Respirationscurve, der In- und Exspiration gesetzliche Beziehungen bestehen. Dass dieses wirklich der Fall, steht allgemein fest, dagegen ist die sich hier aufdrängende Frage, welcher Art dieselben seien, von den verschiedenen Autoren verschiedentlich beantwortet worden.

So sagt Vierordt in dem Kapitel „Respiration"

es Wagnerschen Handwörterbuchs der Physiologie Band III. pag. 835.) *)

„Die Dauer der Ein- und Ausathmung, sowie der zwischen beiden Acten liegenden Pause begründet manigfache Differenzen in der Rhytmik der Athembewegungen. Wegen des störenden Einflusses der Aufmerksamkeit sind doch diese Verhältnisse beim normalen Athmen schwer zu würdigen. Im allgemeinen kommen die Beobachter (Stark, Theile, Walshe) darin überein, dass — die Inspiration etwas länger als die Exspiration dauert, dass die Pause zwischen Ein- und Ausathmung am Kürzesten ist und selbst zwischen Exspiration und dem nächstfolgenden Einathmen fehlt, — welcher letzteren Behauptung doch schwerlich beizustimmen ist."

Auch Budge**) sagt, dass nach seiner Beobachtung die Inspiration ein wenig länger währe als die Exspiration. Bei ihm dauerte von der Zeit an, wo er die Bewegung zu fühlen anfing, eine Inspiration 1,25 Sec., die Exspiration 0,5 Sec. während des ruhigen Athmens.

Schnepf***) kam nach zahlreichen Versuchen zu der Ansicht, dass ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Dauer der In- und Exspiration nicht bestehe.

Riegel†) schreibt: „Seit Vierordts's und Ludwig's††) mittelst der graphischen Methode an 5 Versuchspersonen angestellten Untersuchungen der Athembewegungen ist die Ansicht von der kürzeren Dauer der Inspiration zu grösserer Geltung gekommen.

---

*) Riegel, die Athembewegungen. — Würzburg 1873. pag. 42.

**) Budge, Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen 1862 pag. 91.

***) Capacité vitale du poumon, ses raports physiologiques et pathologiques avec les maladies de la poitrine, par le docteur B. Schnepf, Paris 1858.

†) l. c.

††) Archiv für physiologische Heilkunde Bd. XIV. 1855 pag. 253

Dieselben fanden im Endmittel:

Inspirationsdauer.	zugehörige Exspirationsdauer.
8,2	22,7
13,4	26,3

Das jedoch den Resultaten der beiden genannten Autoren eine nicht so grosse Bedeutung zuzumessen sei, wie es Riegel thut, beweisst der Ausspruch von Donders*) welcher an der unten genannten Stelle folgendes hierüber bemerkt: „Den erhaltenen Resultaten über die Grössenverhältnisse der Athembewegungen ist nur ein geringer Werth beizulegen.“ Jetzt lässt er die Gründe folgen und fährt später fort: „Der gegen die angenommenen Grössenverhältnisse ausgesprochene Tadel trifft auch einigermassen die gefundene Configuration der Curven. Es sind nur Bauchbewegungscurven für das Athmen, von denen die eigentlichen Athmungscurven (Luftumsetzungscurven) mehr oder weniger sich unterscheiden. In diesem Sinne sind die oben mitgetheilten Resultate von Vierordt und Ludwig zu verstehen.“

Nach den Beobachtungen Riegels (l. c.) ergiebt sich beim Menschen die Dauer der Inspiration etwas kürzer als die der zugehörigen Exspiration. Ein bestimmtes Verhältniss glaubt er jedoch nicht annehmen zu können, indem er bemerkt: „Die Differenz ist indess nie eine beträchtliche und ich kann aus meinen Beobachtungen wenigstens als Formel für das Verhalten im Zustande möglichster Ruhe und bei Entfernung aller die Athmung beeinflussenden Momente nicht ein Verhältniss von 1 zu nahezu 3 ersehen, wie es von einzelnen Beobachtern aufgestellt wurde. Ich stelle damit keineswegs in Abrede, dass ein solches Verhalten zuweilen auch bei Gesunden vorkommen kann, immerhin wird dasselbe einen Ausnahms-

---

*) F. C. Donders, Physiologie des Menschen, deutsch von Fr. Wilh. Theile, II. Aufl. Leipzig 1859. pag. 402.

ll darstellen und insbesondere dann zur Beobachtung mmen, wenn in irgend einer Weise die Athmung beflusst wird. (?) In diesen Fällen sehen wir viel häufiger ne Abweichung von dem eben erwähnten normalen Verlten in der Art, dass die Exspiration um ein wesentches verlängert wird, während eine wesentlich längere auer der Inspiration zu — den kaum beobachteten usnahmen zu zählen ist.“ — (!)

Die Resultate meiner am Kaninchen gewonnenen eobachtungen gestatten mir nicht, der Ansicht Riegels llständig beizustimmen. Zwar fand auch ich beim higen, normalen Athmen die Inspiration meistens irzer als die Exspiration, aber die Differenz war keineswegs eine so unerhebliche, wie Riegel sie constatirt, ndern es ergab sich ein Verhältniss im Mittel von 1:3, ie es auch schon von einzelnen anderen Beobachtern ufgestellt sein soll.

Um dem Leser die Gelegenheit zu bieten, sich durch gene Anschauung ein Urtheil bilden zu können, lasse h mit Hinweis auf die entsprechenden Curven (Tafel ig. 1, 2, 3,) eine kleine Zahl solcher Berechnungen lgen; diese Untersuchungen wurden nur an ganz gesunen Kaninchen, mit Berücksichtigung aller möglichen autelen vorgenommen. —

	Inspirationsdauer.			Exspirationsdauer.			Differenz.		Verhältniss
Nr.	Mikrom. Striche	m.m.	Sec.	Mikrom. Striche.	m.m	Sec.	m.m.	Sec.	
I.	20.	1,4	0,2	86.	6,1	0,9	5,7	0,7	1:4
	26.	1,8	0,3	79.	5,6	0,8	3,8	0,5	1:3
	28.	1,9	0,3	79.	5,6	0,8	3,7	0,5	1:3
II.	15.	1,0	0,1	48.	3,4	0,5	2,4	0,4	1:3
	24.	1,7	0,2	67.	4,7	0,7	3,0	0,5	1:3
II.	30.	2,1	0,3	67.	4,7	0,7	2,6	0,4	1:2
	25.	1,7	0,2	67.	4,7	0,7	3,0	0,5	1:3
									7:21=1:3

Ich habe absichtlich die Curven von drei verschiedenen Versuchsthieren gewählt, um die Constanz des fraglichen Verhältnisses deutlicher demonstriren zu können. Dass, wie Riegel behauptet, beim Menschen eine derartige Proportion als Ausnahmefall zu betrachten und auf eine Beeinflussung der Athmung zurückzuführen sei, muss ich nach meinen Erfahrungen und den beim Kaninchen erhaltenen Resultaten bezweifeln. Es wäre in der That eine höchst eigenthümliche Erklärung, wollte ich annehmen, dass zu verschiedenen Zeiten und bei den verschiedenen Thieren das beeinflussende Moment in gleicher Weise eingewirkt habe. —

Bedenkt man ferner, dass selbst der geringste störende Factor bei der Curvenberechnung eine deutliche Differenz des Resultates nach sich zieht, so wird man sich wohl noch weniger zu obiger Annahme verstehen können.

Bezüglich der zweiten Behauptung Riegels, dass „eine wesentlich längere Dauer der Inspiration zu den kaum beobachteten Ausnahmen“ zu zählen sei, muss ich entgegnen, dass meine Untersuchungen ein ganz anderes Resultat geliefert haben, ja, dass ich im Gegentheil bei normalen, ruhigen, aber oberflächlichem Athmen regelmässig eine wesentlich prolongirte Inspiration zu beobachten Gelegenheit hatte, und zwar so, dass sich die Inspirationsdauer zur Exspirationsdauer ungefähr wie $1\frac{1}{2}$ in 1 verhielt. (Vergl. Taf. Fig. 4). —

Eine gleich lange In- und Exspirationsdauer habe ich bei der Berechnung meiner unter normalen Verhältnissen beim Kaninchen gewonnenen Curven nicht constatiren können. Weit entfernt jedoch, das Vorkommen derselben daher völlig in Abrede stellen zu wollen, kann ich mich indessen doch auch nicht entschliessen, dieses Verhältniss als ein normales anzuerkennen. Vielleicht gehe ich etwas zu weit, wenn ich annehmen zu müssen

laube, dass die Differenz der Riegelschen Beobachungen mit den meinigen, einer durch psychische Einflüsse odificirten Athmung zuzuschreiben sei; allein wenn man ich vorstellt, wie störend selbst schon ein geringer Grad on Aufmerksamkeit für das Resultat ist, und wenn man erücksichtigt, dass gerade der gute Wille des Patienten, echt ruhig zu athmen, den natürlichen, unwillkürlichen ct der Respiration wesentlich verändert, und ferner, ass das Fernhalten obiger Einflüsse beim Menschen mit icherheit nahezu unmöglich ist, so gewinnt der ausesprochene Verdacht nur noch an Wahrscheinchkeit. —

Es erübrigt jetzt noch die Ansichten mitzutheilen elche die verschiedenen Autoren zur Erklärung ihrer eobachtungen aufgestellt haben.

Riegel (l. c.) theilt darüber mit, dass diejenigen utoren, welche die längere Dauer der Inspiration verneidigten, sich auf die Annahme stützten, dass die Elaticität der Lungenalveolen die Dauer der Inspiration erzögere, indem sie der inspiratorischen Erweiterung entegenstrebe. Die Mehrzahl der neueren Beobachter, welche er Annahme huldigen, dass die Dauer der Inspiration twas kürzer als die der Exspiration sei, suchen diese rscheinung aus der kräftigeren Wirkung des inspiratoischen Muskelapparates zu erklären, während die Exspiation unter normalen Verhältnissen und bei nicht angetrengter Athmung ohne solche Muskelkräfte zu Stande omme. —

Die Vorstellung, welche ich mir über diesen Vorgang ebildet habe ist folgende:

Ich halte die im Curvenbilde als aufsteigenden chenkel sich präsentirende Inspirirationsphase ihrem auptcharacter nach für eine mehr oder weniger gleichmässig accellirte Bewegung, während ich den absteigenden espirationsschenkel als eine nahezu gleichmässig retar-

dirte Bewegung betrachten zu müssen glaube. Diese Annahme scheint mir am ehesten das gefundene Verhältniss zu erklären, während dieselbe zugleich der Configuration der Curven am Besten entspricht. Berücksichtigt man ausserdem noch die anatomischen Vorgänge bei der Respiration, so dürfte die Richtigkeit meiner Annahme nur noch an Wahrscheinlichkeit gewinnen. — Wie jetzt Allgemein angenommen wird, kommt die Exspiration unter normalen Verhältnissen ohne besondere Muskelkräfte zu Stande, sie ist eine rein passive. Die sie veranlassenden Momente sind die Elasticität der Lungen, die Schwere der Rippen, die Elasticität der Rippenknorpel und die nach Donders (l. c.) als Elasticität zu veranschlagende Wirkung der Bauchmuskeln. — Werden nun diese Factoren durch die inspiratorische Muskelaction aus ihrer Ruhelage gebracht, so entsteht in ihnen eine vermehrte Spannung, die so lange ansteigt, bis sie der Muskelkraft gleich gekommen ist. Hat die inspiratorische Kraft nun ihren Culminationspunkt erreicht, so hat sie gewissermassen ihre Spannungsgrenze überschritten, ihre Wirkung wird gleich Null. In demselben Augenblicke fängt die Elasticität an zu wirken, aber nicht, wie vielleicht zu erwarten stände, mit ihrer grössten Spannung. Diese Erscheinung lässt sich aus der verschiedenen Ausdehnung des Torax erklären, wodurch es bedingt wird, dass die einzelnen Thoraxpunkte nicht gleichmässig gehoben werden, ihre elastische Spannung demnach keine gleichzeitige und gleich grosse ist. Während also die gleich anfangs wirkende Elasticität und Schwere gewisser Punkte bereits im Abnehmen begriffen, können andere erst den Einfluss ihrer Spannung zu entfalten beginnen; und daher kommt es, dass die grösste Geschwindigkeit nicht mit dem Beginne der Exspiration coincidirt, sondern ein wenig später eintritt. Es kann sogar durch die spätere Einwirkung der elastischen Spannung gewisser Thoraxstellen das Bild

ner gleichmässig retardirten Bewegung durch den Ein-
ruck einer gleichmässig continuirlichen oder gar accel-
rirten Geschwindigkeit für Momente mehr oder weniger ver-
eckt werden. Stricte genommen ist daher der Ausdruck einer
eichmässig retardirten Bewegung für die ganze Exspira-
onsgeschwindigkeit nicht richtig. Denn wenn auch eine
einere Analysirung diese Bezeichnung für die einzelnen
omponenten als richtig erweist, so fordert doch der Ge-
ammteffect, wenngleich auch nur für Momente eine andere
enennung. —

Das Zustandekommen der Inspiration stelle ich mir
olgendermassen vor: Um das Princip einer relativ gleich-
ässigen Thoraxerweiterung zu realisiren, bedarf es activer
uskelkräfte, deren Wirkungsweise sowohl zeitlich wie
ynamisch verschieden sein muss, soll dem anatomischen
esetze der Thoraxform Rechnung getragen werden.
Würden z. B. bei der Inspiration die zur Hebung der zwei
bern Rippen bestimmten Muskelkräfte gleichzeitig und
derselben Stärke agiren, wie die zur Hebung der zwei
utern Rippen bestimmten Muskeln, so würde eine we-
entliche Veränderung der Thoraxform die unausbleibliche
olge sein. Will man daher den anatomischen Verhält-
issen nicht ungerecht werden, so muss man sich unwill-
ührlich zu der Annahme bequemen, dass im Anfange der
spiration nur einzelne Muskelkräfte thätig sind, und
war diejenigen, denen die grösste Arbeit obliegt. Indem
ch diese Muskeln contrahiren kommt für die nächstfol-
enden Thoraxpunkte der Moment sich zu erweitern. Zu
en bereits thätigen Kräften gesellen sich neue hinzu,
. h. zu der Bewegungsgeschwindigkeit A. aggregirt sich
och die Geschwindigkeit B. Verfolgt man dieses so
nge bis der ganze inspiratorische Muskelapparat in Thä-
gkeit getreten ist, so gewinnt man das Bild einer stetig
achsenden Bewegungsgeschwindigkeit. Von dem Augen-
licke der Gesammtwirkung an, tritt aber auch ein ver-

mehrter Wiederstand ein, welcher die Summe der Einzelwiederstände darstellt.

Es ist dieses der Factor der gesammten elastischen Spannung. Indem derselbe aber stetig zunimmt, nimmt die Bewegungsgeschwindigkeit in entsprechender Weise ab, hält ihm das Gleichgewicht und wird gleich Null. Daher finden wir im Einklange mit unserer Annahme am inspiratorischen Schenkel im Beginne der Bewegung eine zunehmende momentane Geschwindigkeit, die bald ihre Acme erreicht um gegen das Ende hin wieder abzunehmen. Am exspiratorischen Schenkel gestalten sich die Verhältnisse in ziemlich analoger Weise. Auch hier beobachten wir Anfangs eine zunehmende Geschwindigkeit, die bald ihre Acme erreicht, um gegen das Ende hin wieder abzunehmen. Der Unterschied zwischen beiden ist aber der, dass bei der Inspiration die zunehmende Geschwindigkeit incl. ihres Maximum, im Vergleich zu der später folgenden Geschwindigkeitsabnahme das bedeutend überwiegende Moment darstellt, während bei der Exspiration dieses gerade umgekehrt der Fall ist.

Dieses Verhältniss am Curvenbilde zu studiren ist nicht so schwer, da bereits eine genauere Betrachtung schon hinreicht, die Détails ziemlich scharf erkennen zu lassen. Im Allgemeinen genügt es zu sagen, dass die momentane Geschwindigkeit so lange zunimmt, als die Convexität der Curve gegen ihre Basis gekehrt ist, dass sie dagegen so lange abnimmt, als die Curve ihre Concavität gegen die Basis wendet. — Um ein vollständiges Bild der respiratorischen Thoraxveränderungen aufgestellt zu haben, erübrigt es noch eines Punktes zu berücksichtigen über den die Acten durchaus noch nicht geschlossen sind. Es ist dieses die Frage der „Athmenpausen."

So unterscheiden noch Vierordt (l. c.) die Beobachter Stark, Theile und Walshe eine Pause zwischen In- und Exspiration, die jedoch sehr kurz sei

während eine Pause zwischen Ex- und der nächstfolgenden Inspiration fehle. (?)

Nach den Untersuchungen von Vierordt und Ludwig (l. c.) geben die erhaltenen Curven zwischen In- und Exspiration nur selten eine Pause an, dagegen fehlt die Expirationspause nur bei frequenten Athemzügen und auf sie trifft ungefähr $\frac{1}{5}$ der Athmungsdauer.

Bert behauptet dagegen in seinem jüngst erschienenen Werke („Leçons sur la Physiologie comparée de la respiration par Paul Bert, Paris 1870 pag. 334"):

„Chez tous ces animaux, vous le voyez, l'exspiration et l'inspiration se succédent sans repos intermédiaire. Il y a, certes, un relentissement à la fin de l'inspiration et un autre, souvent plus accentué, à la fin de l'expiration. Mais jamais, dans les circontances normales, il n'y a de repos absolu, pas même de repos expiratoire etc.

la plupart des physiologistes, suivant en cela les errements de Vierordt et de Ludwig qui, les primiers, avaient appliqué à l'étude de la respiration la méthode graphique, parlaient et parlent encore d'une pause inspiratoire et d'une pause expiratoire. Dans ces temps derniers, Marey a fait justice de celle erreur, et les tracés qu'il a obtenus chez l'homme ressemblent beaucoup à ceux que m'a fournis le chien."

Riegel (l. c.) kam nach seinen Beobachtungen zu der Ansicht, dass eine Pause zwischen In- und zugehöriger Exspiration im Normalzustande in Abrede zu stellen sei, während eine zwischen je zwei Respirationen liegende Pause (Respirationspause) vorkommen könne, jedoch keineswegs constant gefunden werde. So beobachtete er z. B. bei demselben Individuum unter 160 Athmungen bloss 10 Mal eine Exspirationspause. Das Resultat meiner Untersuchungen stimmt in diesem Punkte genau mit den Beobachtungen Riegels überein. Eine Inspirationspause habe ich beim Kaninchen unter normalen Verhältnissen

nie constatiren können und muss sie daher vollständig negiren. Auch glaube ich berechtigt zu sein, die Existenz derselben schon vom Standpunkte des theoretischen Raisonnements aus als unwahrscheinlich zurückzuweisen. Vergegenwärtigt man sich die antagonistischen Kräfte, deren Wirkung während des Respirationsactes zum Austrag kommt, so wird die Wahrscheinlichkeit einer Inspirationspause mehr als zweifelhaft. Denn in demselben Augenblicke, wo die inspiratorische Muskelwirkung aufhört, beginnt der Factor der exspiratorischen Elasticitätsspannung einzutreten.

Dass jedoch unter gewissen Bedingungen die Curve eine Inspirationspause angiebt bildet durchaus noch keinen Gegenbeweis. Denn obgleich der erste Eindruck eine Pause vorspiegelt, zeigt bald eine genauere Untersuchung, dass wir es keineswegs mit einer Pause zu thun haben, sondern mit einer prolongirten Inspiration. —

Was nun die zweite Frage, die nach der Pause zwischen zwei auf einander folgende Respirationen anlangt, so kann ich nur die bereits von Riegel gegebene Antwort wiederholen. Sie lautet: „Die Respirationspause hat eine wesentlich andere Bedeutung als die zwischen In- und Exspiration vorkommende; sie stellt einen absoluten Ruhepunkt aller in- und exspiratorischen Kräfte dar, kann darum ebenso wenig zur In- wie zur Exspiration gezählt werden, während eine zwischen In- und Exspiration vorkommende Pause strenge genommen noch zu der Inspiration gezählt werden müsste. Auch vom theoretischen Standpunkte aus lassen sich hier kaum derartige Bedenken geltend machen, wie gegen die Existenz der erst erwähnten Pause.“ — Ueber die Seltenheit ihres Vorkommens ist bereits oben des Hinreichenden erwähnt und ich brauche daher nur noch hinzuzufügen, dass auch ich das seltene Auftreten derselben constatiren kann, ja, es meinen Beobachtungen zufolge, unter normalen Ver-

hältnissen für noch viel seltener halten muss, als es Riegel angegeben hat.

Dagegen beobachtete ich constant eine Pause zwischen Ex- und der nächstfolgenden Inspiration, wenn die mittlere Respirationsgeschwindigkeit eine möglichst beschleunigte wurde, so z. B. nach Einwirkung von Schreck. —

Vergleicht man Taf. Fig. 5, 6, 7, so wird man leicht erkennen können, dass die für das Zustandekommen einer Respirationspause nöthige Respirationsfrequenz einen bedeutenden Grad erreicht haben muss. Fig. 5 zeigt normal beschleunigtes Athmen, die Respirationgeschwindigkeit ist zwar vermehrt, ohne jedoch das Bild der normalen Curve modificirt zu haben. Die Inspiration ist kürzer als die Exspiration, ungefähr im Verhältniss von 1 : 2. —

Anders verhält es sich mit Fig. 6. sie zeigt uns das Bild der Respiration nach Einfluss von Schreck. Wir finden hier die Respirationsgeschwindigkeit wesentlich beschleunigt und die Configuration der einzelnen Curven wesentlich modificirt. Das Verhältniss zwischen In- und Exspiration ergiebt keinen so grossen Unterschied mehr wie bei Fig. 5, immerhin ist aber die Inspirationsphase noch kürzer wie die Exspirationsphase. Diese Letztere zieht besonders unser Augenmerk auf sich. Während in der Norm die Abnahme der Exspirationsgeschwindigkeit allmälig erfolgt, um mehr oder weniger langsam in die nächstfolgende Inspiration überzugehen, sehen wir hier den Exspirationsschenkel in zwei Theile getheilt, die sich unter einem stumpfen Winkel von einander absetzen. Obgleich ein flüchtiger Blick auf die Curve in diesem Falle schon Pausenbildung zwischen Ex- und Inspiration zu erkennen glaubt, so haben wir in der That doch noch keine Pause vor uns, sondern nur eine plötzlich sehr herabgesetzte momentane Geschwindigkeit.

Betrachten wir dagegen Fig. 7, so finden wir hier ebenfalls den exspiratorischen Schenkel in zwei Theile

getheilt, die aber fast unter rechtem Winkel auseinandergehen und von den der untere eine vollkommene horizontale Richtung inne hält. Hier haben wir es in der That mit einer Pause zu thun. Die Respirationsgeschwindigkeit ist in diesem Falle die bedeutendste, die Inspiration ist bei der Mehrzahl der Curven um ein weniges kürzer als die Exspiration, oft aber auch ihr gleich. Die Pause bildet zuweilen nahezu den dritten Theil einer ganzen Respirationsdauer; ein bestimmtes Verhältniss für alle Fälle liess sich jedoch nicht feststellen. Ohne eine erschöpfende Erklärung für diese Beobachtung geben zu können, muss ich mich damit begnügen auf dieses Factum nur aufmerksam gemacht zu haben. Vielleicht dürfte diese Mittheilung, sobald ihre Richtigkeit durch neue Versuche verbürgt wird, zur Klärung dieser noch immer etwas dunklen Verkältnisse ihr Schärflein beitragen.

IV.

Das Athmen in der Chloroformnarkose.

In dem Streben alle Momente zu entfernen, welche das ruhige normale Athmen beeinträchtigen könnten, verfiel ich auf die Chloroformnarkose, indem ich anfangs glaubte durch ihre Vermittelung das Bild einer annähernd idealen Normalcurve erzielen zu können. Leider aber ist dem nicht so. —

Die Narkotisirung der Kaninchen erheischt nämlich aufmerksame Beobachtung. Denn diese Thiere sind im Stande, sobald man ihnen das Chloroform vorhält, für eine auffallend lange Zeit das Athmen auszusetzen. Die von mir gefundenen Curven wurden in verschiedenen Stadien der Narcose aufgenommen. Wenngleich die einzelnen Aufnahmen auch geringe Modificationen zeigen so sind diese doch im Vergleiche zu dem characteristischen, allen Curven gemeinsamen Momente von so untergeordneter Art, dass sie bei der Beurtheilung dieses Falles völlig

isser Acht gelassen werden können. Die Haupteigenschaft, auf welche es hier ankommt, liegt in dem Verhältnisse zwischen In- und Exspiration begründet, welches em der Norm gerade entgegengesetzt ist. Wir finden durchgehends die Inspiration prolongirter als die Exspiration, wenngleich auch nicht in dem Maasse, dass wir n bestimmtes Verhältniss dafür aufstellen könnten. Ich isse einige Zahlenausdrücke folgen, damit der Leser sich durch eigene Anschauung von der Richtigkeit obiger Behauptung überzeugen kann: Vergl. Fig. 8, 9, 10, 11.

	Insp.			Exspir.			Differ.		
	Mikrom. Str	m. m.	Sec.	Mikrom Str.	m. m.	Sec.	Mikrom. Str.	m. m.	Sec.
tad. I.	44.	3,1	0,4	38.	2,7	0,4	6.	0,4	—
	37.	2,6	0,3	36.	2,5	0,3	1.	0,1	—
	40.	2,8	0,4	38.	2,7	0,4	2.	0,1	—
St. II.	46.	3,2	0,4	22.	1,5	0,2	24.	1,7	0,2
	50.	3,5	0,5	25.	1,7	0,2	25.	1,8	0,3
	50.	3,5	0,5	23.	1,6	0,2	27.	1,9	0,3
St. III. ufstarken druck nach Reaction.	58.	4,1	0,6	34.	2,4	0,3	24.	1,7	0,3
	46.	3,2	0,4	35.	2,4	0,3	11.	0,8	0,1
St IV. ohn. React.	38.	2,7	0,4	26.	1,8	0,2	12.	0,9	0,2
	30.	2,1	0,3	27.	1,9	0,2	3.	0,2	0,1

Nach diesen Resultaten sind wir berechtigt, die Athmung während der Narcose als eine modificirte, von dem normalen Respirationstypus verschiedene zu bezeichnen. Der Grund, dass während der Narcose nicht normal geathmet wird, glaube ich vorzüglich auf Rechnung der Geschmacksnerven schreiben zu müssen. Berücksichtigt man nämlich, dass bei der Narcotisirung gerade diese Nerven am Ersten und wohl auch am Meisten afficirt werden, und bedenkt man ferner, dass die Wurzeln derselben bis zur medulla oblongata sich hinziehen, so liegt die Annahme wohl sehr nahe, dass durch die Affection der Geschmacksnerven das Respirationscentrum in Mit-

leidenschaft gezogen und in Folge dessen ein modificirter Athmungsrhythmus eingeleitet worden ist. —

V.

Das Athmen nach Vagusdurchschneidung.

Mit der Behandlung dieses Kapitels betrete ich ein Feld, wo die Controverse nahezu mit Erbitterung geführt worden, ohne dass jedoch die schwere Wehenthätigkeit gelehrter Diskussionen ein concinnes Resultat herausgefördert hätte. Ich kenne die Gefahr meines Beginnens, doch provocire ich sie, nicht in der Ueberzeugung den Stein der Weisen gefunden zu haben, sondern weil ich es eines Forschers für unwürdig halte, der auf Wahrheit seiner Beobachtungen fussend aus Rücksicht vor dem spitzen Griffel einer peinlichen Critik, die Resultate seiner Untersuchungen zu verschweigen strebt. Obwohl mit der Litteratur dieses Falles ziemlich vertraut, werde ich jedoch weit entfernt sein, Ansichten, — und huldigte ihnen die Mehrzahl — ungeprüft entgegenzunehmen. Indem ich vielmehr den objectiven Befund selbstständiger Untersuchungen niederlege, will ich mich bestreben, auch bei der Erklärung derselben soviel wie möglich, selbstständig zu Werke zu gehen. —

Ich begann dass Studium dieses Kapitels mit der Untersuchung des Respirationsactes nach einseitiger Vagus-Durchschneidung. Das Resultat war keineswegs ein besonders bemerkenswerthes. Die Athemfrequens war fast dieselbe geblieben, ebenso das Verhältniss zwischen In- und Exspiration. (vergl. Taf. Fig. 12).

Weit anders gestaltet sich dagegen der Respirationsact nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung. Vergleichen wir (Fig. 13), das Curvenbild, welches von einem jungen Kaninchen direct nach der Durchschneidung beider n. n. vagi gewonnen wurde, so wird ein flüchtiger Blick schon genügen, um uns die bedeutende Veränderung des

Athmungsrhythmus sofort erkennen zu lassen. Wir sehen da nicht eine gleichmässig verlaufende Wellenlinie, wie in der Norm, sondern anstatt dessen finden wir eine Reihe kleinerer Curven, die in stufenförmiger Anordnung aufsteigen, ihre Acme erreichen und in analoger Weise terassenförmig abfallen, um später ein gleiches Spiel noch einmal zu wiederholen. Wollen wir eine Erklärung für diese Erscheinung haben, so müssen wir vor Allem zuerst die Veränderungen berücksichtigen, die wir durch die Durchschneidung beiden n. n. vagi gesetzt haben.

Die Hauptveränderung, welche sicher constatirt ist, besteht in einer Lähmung der Kehlkopfmuskeln, in Specie derjenigen, welche der Glottiserweiterung vorstehen. Der anatomische Bau der Glottis ist derartig beschaffen, dass die sie bildenden Stimmbänder keine parallele, sondern eine nach Vorn convergente Richtung haben. Sind dieselben nun gelähmt, so legen sie sich aneinander und verschliessen die Glottis. Dieser Verschluss wird noch dadurch verstärkt, dass bei der inspiratorischen Thoraxausdehnung die äussere Luft auf sie drückt. — Es wäre somit die einzige Communicationsstrasse zwischen Lungen und äusserer Athmosphäre vollkommen unwegsam geworden; der Tod durch Suffocation wäre die nothwendige Folge, hätte nicht die Natur auch auf diesen Fall Rücksicht genommen. Indem die Stimmbänder nach hinten auseinander weichen, bilden sie einen dreieckigen Raum die sog. pars respiratoria Longet's, welcher beim Schluss der Glottis von den Stimmbändern nicht verdeckt wird, und so seine Wegsamkeit behält. Ich will noch bemerken, dass sich diese pars respiratoria erst mit dem Wachsthum entwickelt, daher bei jungen Thieren noch sehr minimal ist, bei ganz jungen vollständig fehlt.

Ich glaube völlig auszureichen, wenn ich die Lähmung der Kehlkopfmuskeln, in Specie die der Stimmbänder als Hauptursache des veränderten Respirationsrhythmus nach

beiderseitiger Vagusdurchschneidung annehme. Schon der Umstand, dass die Vagusdurchschneidung bei ganz jungen Thieren schleunigen Tod zur Folge hat und dass als veranlassende Ursache die Obduction nichts anders als die Verlegung der Stimmritze durch Stimmbandlähmung nachzuweisen im Stande ist; ferner die Beobachtung, dass wir bei croupkranken Kindern im naturgetreuen Spiegelbilde dieselben pathologischen Erscheinungen eines gestörten Respirationsactes wiederfinden, wie wir sie nach Vagusdurchschneidung kennen, ohne hier ebenfalls etwas anderes constatiren zu können als eine mechanische Verlegung des Glottiseinganges; und berücksichtigen wir zuletzt noch die Resultate Riegels,*) der einen Fall von doppelseitiger Lähmung des m. cricoarytaenoideus post. stethographisch zu untersuchen Gelegenheit hatte und ein nahezu gleiches Bild wie nach durchschnittenen vagis erhielt, so liegt doch wohl nichts näher, als die erste Veranlassung einer derartig veränderten Respiration zuvörderst in einer Localaffection des Larynx zu vermuthen, dessen Integritaet für die normale Athmung von so weittragender Bedeutung ist.

Wie wir im Verlaufe der Abhandlung sehen werden, lässt uns diese Voraussetzung bei der Begründung unserer gewonnenen Beobachtungen wohl kaum im Stiche. Dass ich mich aber durch die Wahl dieser Erklärungsweise mit den Ansichten viel genannter Autoren im directen Wiederspruche befinde, ist mir wohl bekannt. Bevor ich jedoch die betreffenden Controverspunkte berühre, will ich meine Untersuchungsresultate mittheilen und auf eigene Art zu definiren suchen.

Kehren wir also zu unserm Curvenbilde (Taf. Fig. 13) zurück, so drängt sich uns zuerst die Frage auf, woher kommt diese eigenthümliche Configuration und was hat

*) Die Athembewegungen, Dr. Fr. Riegel. Würzburg 1873 p. 86.

ie zu bedeuten? — Die Beantwortung wird uns um so
her gelingen, wenn wir uns daran erinnern, dass das
ideale Princip der Inspiration" eine gleichmässige Span-
ung aller Lungenbläschen vorschreibt. Wird in der
Norm inspirirt, d. h. die Thoraxwandungen ausgedehnt,
o dehnen sich die Lungen ebenfalls aus, es entsteht eine
uftverdünnung in denselben. Der überwiegende Atmos-
härendruck treibt jetzt so lange neue Luft ein, bis sich
ie Dichtigkeitsdifferenz ausgeglichen, bis die Spannung
er Alveolen eine gleichmässige geworden ist. Ist wie
n unserm Falle dagegen das Communicationsrohr zum
rössten Theil verschlossen, so ist natürlich das Einströmen
er athmosphärischen Luft während der Inspiration be-
eutend erschwert. Die inspiratorische Muskelaction, welche
nter normalen Verhältnissen ausreicht, ist zu schwach
m in einer gleichen Zeiteinheit denselben Effect zu er-
ielen. Der Thorax wird zwar gleich stark, ja noch stär-
er wie früher ausgedehnt, aber durch die enge Oeffnung
ann nur eine geringe Luftsäule eindringen. Fast ohn-
nächtig schwindet der Inspirationsimpuls, denn dem lebens-
edingenden Gesetze der Sauerstoffzufuhr ist noch nicht
enüge gethan; das veränderte Blut bringt neue Reize
n das Centralorgan, dem ersten Inspirationsimpulse
olgt bald ein zweiter, aber auch seine Wirkung ist un-
ollkommen. Auf diese Weise reiht sich eine Kette von
nspirationen aneinander, bis ihr Gesammteffect dem einer
Normalinspiration gleichkommt; die Curve hat ihre Acme
erreicht. Da die Exspiration vollständig unbehindert ist,
o liesse sich erwarten, dass dieselbe mit relativ grösster
Geschwindigkeit erfolge, um einer neuen Inspirationsphase
wiederum Platz zu machen. Dem verhält sich, wie wir
gleich sehen werden, in der That auch so. Dass wir dieses
aber an unserer Curve nicht vorfinden, möchte ich der
grossen Angst des Thieres, in Folge der Neuheit seiner
Lage zuschreiben. Indem es auszuathmen beginnt fühlt

es sich plötzlich frei, sofort tritt der, in Folge der hohen Spannung im Centralorgane vermehrte Trieb zu inspiriren in den Vordergrund, wir finden daher in Mitten des Exspirationsschenkels leichte Ansätze zu Inspirationen. Bei weitem anders gestaltet sich ein etwas später aufgenommenes Curvenbild von demselben Thiere. —

(Vergl. T. Fig. 14.) Hier finden wir eine Reihe eigenthümlicher, aber schon gleichmässig configurirter Curven, als deren Characteristicum der nach aussen gewölbte Inspirationsschenkel uns besonders in's Auge fallen muss, während der Inspirationsschenkel nahezu senkrecht niedersteigt. Uebersetzen wir diesen Befund so heisst es: Die Inspiration steigt allmälig an, hält sich eine Zeit lang auf ihrer Höhe und geht sodann in eine active Exspirationsbewegung über. Dadurch dass das Thier das Unvermeidliche seiner Lage erkennt, sucht es sich derselben bestmöglichst zu adaptiren. Wir bemerken nunmehr, dass die angestrengten unterbrochenen Inspirationen geschwunden und an deren Stelle eine langsam anwachsende Inspiration getreten ist. Durch Letztere wird dem Zwecke der Lebenserhaltung viel mehr und leichter Rechnung getragen. Denn während durch die forcirten Inspirationen ausser einem unnöthigen Kraftaufwande nichts erzielt wurde, vermag jetzt das Thier schon durch eine inspiratorische Muskelaction, welche der passirbaren Luftsäule entspricht, Befriedigendes zu leisten, und dazu kommt noch, dass die allmälig anwachsende Bewegung längere Zeit angehalten werden kann. Die Exspiration nimmt hier den kleinsten Theil der ganzen Respirationsdauer ein, so dass sie zuweilen nur $\frac{1}{30}$ jener Zeit beträgt. Man kann wohl kaum annehmen, dass eine derartige Exspirationsgeschwindigkeit bloss das Product der inspiratorischen Elasticitätsspannung ausmache, sondern muss auch daran denken, dass letzterer Factor durch das Eingreifen activer Muskelkräfte unterstützt

orden sei. Diese Annahme stimmt auch mit den Beobachtungen Rosenthals*) überein.

Betrachtsn wir ferner den Exspirationsschenkel (auf g. 14) noch ein wenig genauer, so entdecken wir am nde jeder Bewegung ein plötzliches Aufschwellen, welches chts anderes als die elastische Rückwirkung des durch e Muskelkraft verengten Thoraxraumes darstellt. —

Gehen wir noch ein Stadium weiter, so zeigt uns die urve ein anderes Bild, (vergl. Fig. 15) indem der Allgeeinausdruck ihrer Configuration sich schon mehr dem ormalen Typus nähert. Die Respiration ist hier wieder ne gleichmässig fliessende geworden, ohne dass das bedeunde Respirationshemmniss sich auch wenig geändert hätte. er würde bei oberflächlicher Betrachtung es wohl ahnen, elch' ein schwerer Process diese Curve dictirt hat? Wie i Weitem verschieden nimmt sich dieses Bild gegenber der zuerst gewonnenen Curve aus, und dennoch behen beide auf demselben pathologischen Grunde. Die nalyse giebt uns den gewünschten Aufschluss. Die Inpirationsphase beginnt sehr langsam, steigt allmälig an nd wird gegen das Ende hin etwas beschleunigter. Die xspiration ist im Vergleich zu oben weniger beschleunigt nd folgt unmittelbar auf die Inspiration. Was für ein chluss lässt sich hieraus ziehen? —

Das Thier verwendet den Kraftaufwand, welcher forderlich war, um die Inspiration eine Zeit lang auf rer Höhe zu erhalten, nunmehr ganz allein zu einer nger zunehmenden Inspiration und gewinnt dadurch den ortheil, dass es der Summe der inspiratorischen Hinderisse nur für einen Moment das Gleichgewicht zu halten raucht, während zugleich eine ergiebigere Aspiration von thmosphärischer Luft stattfinden kann. Die Exspiration laube ich in diesem Falle wieder als eine passive an-

*) Dr. J. Rosenthal, die Athembewegungen und ihre Beziehungen m n. vagus. Berlin 1862

sprechen zu dürfen, da ihr Verhältniss zur Inspiration annähernd normal ist. —

Nachdem wir so die Effecte der Vagusdurchschneidung an der Hand der Curve durch die verschiedenen Stadien verfolgt haben, wird es für uns ein leichtes sein, ihre Begriffe genauer festzustellen, Indem ich hierbei die Meinungsdifferenzen der verschiedenen Autoren meinen Lesern mitzutheilen schuldig zu sein glaube, werde ich mich der von Rosenthal (l. c.) bezüglich dieses Punktes erwähnten Literatur anschliessen. Als die erste Folge der Vagusdurchschneidung wird, nach dem eben genannten Autor, von allen Forschern die beträchtliche Abnahme der Respirationsfrequenz übereinstimmend angegeben. Diese Abnahme soll jedoch nicht immer sogleich nach der Durchschneidung in voller Stärke auftreten, sondern sich zuweilen erst nach Verlauf einiger Zeit zeigen und bis zum Tode noch fortwährend zunehmen. Im Wiederspruch mit diesen Beobachtungen steht eine Behauptung Budge's*), wonach die Zahl der Athemzüge gleich nach der Operation geringer ist als später, und deren Richtigkeit auch durch Beobachtungen Anderer**) verbürgt worden ist. Ferner ist nach Angabe der meisten Autoren nicht nur die Anzahl der Athemzüge nach Durchschneidung der Vagi verringert, sondern der Mechanismus des Athmens selbst ist bedeutend verändert, zunächst ist die Tiefe der einzelnen Athemzüge beträchtlich grösser als in der Norm.

Was den ersten Punkt, nämlich die Abnahme der Athemfrequenz betrifft, so muss ich in der übereinstimmenden Beobachtung sämmtlicher Autoren, auch nach meinen Resultaten unbedingt beistimmen.

Die Anzahl der Athemzüge ist nach Durchschneidung der Vagi verringert und diese Abnahme nimmt bis zum

*) Virch. Arch. XVI, 457,

**) Man vergleiche besonders die Zählungen Traube's in seinen Beiträgen Heft I. 85, ff. und Mundt's in Müll. Arch. 1855, 276 ff. —

ode fortwährend zu. Etwas schwerer zu beantworten heint mir die Frage, ob die Zahl der Athemzüge gleich ach der Operation oder später geringer ist.

Betrachten wir noch einmal das Curvenbild Fig. 13, so sind wir im Stande aus der Configuration derselben einen zwiefachen Bescheid zu geben. Sehen wir von der gewiss nicht gleichgültigen Anordnung der auf- und abeigenden Respirationskette vorläufig ab, so müssen wir behaupten, dass die Athemfrequenz nicht nur nicht verngert, sondern sogar vermehrt ist. Es würde jedoch dieses ur eine einseitige und ebendesshalb eine unrichtige Erlärung sein, denn die Beziehungen der Einzelrespirationen zu dem Gesammtbilde sind durchaus nicht bedeutungslos.

Um ein richtiges Urtheil hier fällen zu können, halte ich es für nothwendig, sich den Eindruck vorzustellen, welchen die Respiration, deren Curvenbild wir augenblicklich besprechen, auf uns gemacht haben würde, wenn wir sie nur mit blossem Auge beobachtet hätten. Annähernd denselben Eindruck dürfte uns eine Curve machen, welche wir erhalten, wenn wir, wie in Fig. 13 angedeutet, von der untersten Schwelle der In- sowie Exspirationsphase beginnend, durch eine Linie die tiefsten Punkte der Einzelrespirationen bis zum Culminationspunkte hinauf verbinden. Das Curvenbild, welches so entsteht, zeigt uns die In- und Exspiration in einer Weise prolongirt, d. i. die Athemfrequenz so minimal, wie wir sie in keinem spätern Stadium dieses Processes wieder finden. Es gereicht mir somit zur grossen Freude, die Behauptung Hudge's, meines hochverehrten Lehrers, durch eine neue Beobachtung unterstützen zu können. —

Indem ich dieses bestätige, muss ich jedoch zugleich bemerken, dass ich dasselbe nicht für alle Fälle ausgedehnt wissen möchte. Denn wie ich im Verlaufe der Abhandlung nach zeigen werde, gibt es Fälle, wo nach der Durchschneidung beider Vagi die Athemfrequenz,

unmittelbar nach der Operation so gut wie gar nicht geändert erscheint.

Ich habe gleich am Beginne dieses Kapitels den Satz ausgesprochen, dass ich die Verlegung der Glottis durch die gelähmten Stimmbänder für die Hauptursache der Athmungsveränderungen nach Vagusdurchschneidung ansehen zu müssen glaube. Ich bin nicht der erste, welcher diese These aufgestellt hat, obschon ich sie mir auch selbstständig gebildet habe, sondern eine Reihe berühmter Forscher, an ihrer Spitze Legallois, hatten die Lähmung der Stimmritze als die Veranlassung der secundaeren Veränderung in der Respirationsphäre nach Vagusdurchschneidung bereits erkannt. Dieser Ansicht direct entgegen steht Traube,*) welcher die Verengerung der Stimmritze als veranlassendes Moment für die Respirationsabnahme gradezu negirt und behauptet, dass „die Ursache der so bedeutenden Verminderung der Athemzüge nach Durchschneidung der vagi reell noch nicht gefunden" **), sei. Ihm zur Seite steht Rosenthal, welcher Traube's Ansicht dadurch zu vertheidigen sucht, dass er hervorhebt, dass:

1) „Die nach Durchschneidung beider N. n. laryngei inferiores gesunkene Respirationsfrequenz nach Durchschneidung beider Vagi noch vielmehr sinkt;"

2) „Dass die Anlegung einer Trachealfistel weder das Sinken der Respirationsfrequenz nach Vagusdurchschneidung zu verhindern, noch die schon gesunkene um ein merkliches zu heben" vermag —

Aus dem ersten Punkte, welchen Rosenthal für die Ansicht Traube's anführt, scheint mir aber noch keineswegs so „unzweifelhaft" hervorzugehen, dass die Verengerung der Stimmritze nicht das Hauptmoment

*) Beiträge I, 101 ff.

**) Dr J. Rosenthal, die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum n. vagus; Berlin 1862. pag. 77.

ei. Es ist dadurch nur einigermassen bewiesen, dass auch noch andere im n. Vagus selbst liegende Gründe zu den Secundaerveränderungen beitragen können. Angenommen aber die Traube-Rosenthalsche Ansicht sei die richtige, dann möchte ich mir einmal die Frage erlauben, wie es kommt, dass die Durchschneidung eines und desselben Nerven, bei verschiedenen alten Kaninchen, so himmelweit verschiedene Folgezustände hervorruft? — Ist die Stimmritzenverengerung ohne Bedeutung, so ist die verschiedene Glottisbildung auch ohne Belang, und wir sind somit nur angewiesen, die nach dem Alter der Thiere verschiedenen Folgezustände der Vagusdurchschneidung auf eine individuelle Verschiedenheit des Nerven selbst zu beziehen. Eine derartige Hypothese entbehrt aber nicht nur des Beweises, sondern verstösst direct gegen die Erfahrungen der Anatomie und Physiologie. —

Schwieriger zu wiederlegen scheint dagegen der zweite Punkt, welchen Rosenthal zur Bestätigung der Traube'schen Ansicht aufstellt, dass nämlich „die Anlegung einer Trachealfistel weder das Sinken der Respirationsfrequenz nach Vagusdurchschneidung zu verhindern, noch die gesunkene um ein Merkliches zu heben vermag.“ Ich kann allerdings nicht läugnen, dass diese Beobachtung schon mehr berechtigt erscheint, für die Ansicht Traube's einzunehmen, allein sie ist nicht so ganz richtig. —

Der Versuch, auf welchen Rosenthal gestützt, die obengenannte Beobachtung aussprach, war folgender:

„Kleines graues weibliches Kaninchen auf dem Rücken befestigt

31 Athmg. in 30 Sec.

Nach Anlegung einer Trachealfistel und Durchschneidung beider

n. n. vagi 11 Athmg. in 30 Sec.

Hieraus glaubt nun Rosenthal folgern zu dürfen, dass „die Anlegung einer Trachealfistel weder das Sinken

der Respirationsfrequenz nach Vagusdurchschneidung zu verhindern, noch die gesunkene um ein Merkliches zu heben vermag.“ Diese Schlussfolgerung finde ich aber nicht vollständig gerechtfertigt und logisch. Wenn sich aus obigem Versuche etwas ergeben dürfte, dann wäre es höchstens der Schluss: „eine Trachealfistel ist nicht im Stande das Sinken der Athemfrequenz nach Vagusdurchschneidung zu verhindern,“ aber auch dieser Schluss wäre noch angreifbar.

Bei der Aufstellung der obigen Beobachtung hat Rosenthal eines Postens nicht gedacht, der für die Deutlichkeit und Richtigkeit des Exempels von der grössten Wichtigkeit ist. Er hätte nämlich nach der Anlegung der Trachealfistel, aber vor der Durchschneidung der Vagi noch einmal die Athemfrequenz bestimmen müssen. Denn nur auf diese Weise wäre es möglich gewesen, die beiderseitige Wirkung gehörig von einander zu trennen. Ich habe daher den von Rosenthal angestellten Versuch noch einmal wiederholt, und zwar an drei Kaninchen und erhielt folgendes Resultat:

I. Grosses, schwarzes, weibliches Kaninchen auf dem Rücken befestigt

	56 Athmg. in 1 Min.*)
Nach Anlegung einer Trachealfistel bald nach der Operation	40 Athmg. in 1 Min.
5 Minuten später	48 Athmg in 1 Min.
Die tracheotomische Canüle $\frac{1}{4}$ ihres Volumens zugedreht	36 Athmg. in 1 Min.
Bei offener Canüle	48—54 Athmg. in 1 Min.
Direct nach der Durchschneidung beider n. n. vagi	32 Athmg. in 1 Min.
	28 Athmg. in 1 Min.
Nach kurzer Zeit bei ganz offener Canüle wieder	48 Athmg. in 1 Min.
	44 Athmg. in 1 Min.
	48 Athmg. in 1 Min.
	44 Athmg. in 1 Min.

*) Dieses verhältnissmässig langsame Athmen ist wohl der Fettleibigkeit des betreffenden Thieres zuzuschreiben.

ie Canüle wiederum ¾ geschlossen . . . 32 Athmg. in 1 Min.
Geöffnet . . . . . 44 Athmg. in 1 Min.
ach völliger Durchschneidung der Trachea 48 Athmg. in 1 Min. etc.

II. Kleines, junges, männliches Kaninchen auf dem ücken liegend, befestigt zeigt

Während der Ruhe . . . . . 76—80 Athmg. in 1 Min,
Nach Freilegung beider vagi:
104, 88
80 } in 1 Min.
nmittelbar nach Durchschneidung beider n. vagi
28 Athmg.
20 Athmg. } in 1 Min.
12 Athmg.
(Kolossale Athemnoth.)
ach Anlegung einer Trachealfistel:
16 Athmg.
24 Athmg.
20 Athmg. } in 1 Min. etc.
24 Athmg.
ünf Minuten nach der Operation . . 28 Athmg.

III. Kleines, schwarzes, männliches Kaninchen auf em Rücken liegend:

120 Athmg. in 1 Min.
116 Athmg. in 1 Min.
ach Durchschneidung beider vagi . . . 56 Athmg. in 1 Min.
ährend des Schreiens . . . . . 28 Athmg. in 1 Min.
ach dem es wieder zur Ruhe gekommen . 40 Athmg. in 1 Min.
ach Durchschneidung der Trachea . . . 56 Athmg. in 1 Min.
Zehn Minuten nach der Operation . 60 Athmg.
64 Athmg. } in 1 Min. etc.
68 Athmg.

Diese drei Versuche zeigen sonderbarer Weise gerade las Gegentheil von dem, was Rosenthal beobachtet hat. Wir finden nämlich, dass eine Trachealfistel das Sinken er Athemfrequenz Vagusdurchschneidung ebenso wohl u mässigen, wie die Gesunkene um ein merkliches zu eben vermag. —

Eine andere Ansicht über die Abnahme der Athemrequenz, besonders über die unmittelbar nach der Ope-

ration eintretende, hat Budge aufgestellt. Er sieht die verminderte Frequenz als die Folge eines krampfhaften Verschlusses der Stimmritze an, welcher durch die Durchschneidung des Nerven ausgelöst wird.

Eine zweite Haupterscheinung in der respiratorischen Sphäre, in Folge von Vagusdurchschneidung, ist die Veränderung des Athmungsmechanismus. Ich befinde mich hier in der angenehmen Lage, nach meinen Beobachtungen das gewonnene Resultat anderer Forscher nur constatiren zu können. Vor allem ist die Tiefe der einzelnen Athemzüge bedeutend grösser als in der Norm. Aus der Berechnung verschiedener Curven habe ich gefunden, dass die Intensität der Inspiration um das vier- bis fünffache gegen die Norm gesteigert ist. Dasselbe Verhältniss hat auch Wundt*) aus seinen manometrischen Messungen erhalten, zugleich aber auch beobachtet, dass diese Intensitätssteigerung später wieder abnimmt und gegen den Tod hin bedeutend unter die Norm sinkt.

Die Erklärung dieser gesteigerten Respirationsintensität als Folge einer vermehrten Muskelaction liegt klar zu Tage, als dass ich weiter darauf einzugehen brauchte. Ich kann jedoch nicht umhin bei dieser Gelegenheit einen Irrthum zu berichtigen, dessen Rosenthal sich schuldig gemacht, und welchen ich sonst durch Uebergehung stillschweigend anzuerkennen scheinen würde. An der Stelle, wo er über den Hinzutritt accessorischer Hülfsmuskeln spricht, heisst es: „Der Thorax, welcher bei der normalen Respiration des Kaninchens ganz unbewegt bleibt“ etc. und bald darauf an einer andern Stelle: „Beim Kaninchen betheiligen sich die Muskeln des Thorax bei der normalen Respiration nie.“

Die erste Behauptung ist unrichtig und zeigt, dass Rosenthal die Wirkungsweise des Zwergfelles übersehen

*) Müll. Arch. 1855. 277. ff.

at. Es ist nämlich eine durch die Untersuchungen von Beau, Maissiat und Lehwess erwiesene Thatsache, dass bei jeder Zwergfellscontraction die untere Apertur der Brusthöhle grösser wird, indem der Druck der Baucheingeweide die untern elastischen Knorpel der Rippen nach Aussen drängt. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder normalen Respiration, und es ist daher unrichtig von einer gänzlichen Unbeweglichkeit des Thorax bei dieser Gelegenheit sprechen zu wollen.

Was die zweite Behauptung anlangt „beim Kaninchen betheiligen sich die Muskeln des Thorax bei der normalen Respiration nie", so kann ich mich mit ihr ebenfalls nicht einverstanden erklären; es widerspricht dieselbe meiner eigenen Erfahrung. Ich habe nämlich eine Reihe von Respirationscurven unter ganz normalen Verhältnissen auch von anderen Thoraxpunkten dargestellt z. B. von der Mitte des Sternum's; dieses wäre aber nicht möglich gewesen, wären diese Theile nicht bewegt worden. Es bleibt nun aber nichts anders übrig als den Grund dieser Bewegung in eine Muskelaction zu verlegen, mag sich auch dieselbe der Controlle unserer blossen Beobachtung entziehen. Dass es dagegen Verhältnisse gibt, wo die Thätigkeit des respiratorischen Muskelapparates des Thorax gegenüber der Thätigkeit des Zwergfells so sehr in den Hintergrund treten kann, dass ohne die mechanische Hülfe eines Apparates, eine völlige Ruhe vorgespiegelt wird, lässt sich nicht bestreiten.

Bei der weiteren Betrachtung der Respirationsveränderungen nach Vagusdurchschneidung, zeigte zuweilen die Curve eine im Verhältniss zur Inspiration beschleunigte Exspirationsgeschwindigkeit. Berücksichtigt man nun, dass unter normalen Verhältnissen die Exspirationsphase eine rein passive ist und in directer Beziehung zur Inspiration steht, so ist diese Erscheinung, ohne die Annahme einer Muskelwirkung wohl kaum zu erklären, d. h. wir haben es in diesem Falle mit einer activen Exspiration zu thun.

Nach Rosenthal, der auf Traube's Veranlassung dieselbe genauer beobachtete, fehlt die active Exspiration nach Vagusdurchschneidung nie, während Budge der Ansicht ist, die Exspiration werde nach der Vagusdurchschneidung „ganz passiv". Ich glaube, dass zur Entscheidung dieser Streitfrage die stethographische Curve ein nicht Unbedeutendes beitragen kann. Dieselbe giebt in einem Falle (vergl. Taf. Fig. 14) eine active Exspiration an, während sie im andern Falle (vergl. Taf. Fig. 15) wieder eine passive Exspiration erkennen lässt.

Zum Beweise für die active Exspiration führt Rosenthal die wichtige Rolle an, welche dieselbe nach Vagusdurchschneidung auf die Ausgleichung der Athmungsgrösse hat, und sucht dieses auch durch einen Versuch ad oculos zu demonstriren. —

Es handelt sich dabei um ein Kaninchen, dem neben der Vagusdurchschneidung zugleich die Bauchhöhle durch einen Kreuzschnitt geöffnet worden war, wodurch die Thätigkeit der Bauchmuskeln wegfiel. Die Folge davon war merklicher Abfall der Athmungsgrösse, — ergo, so schliesst Rosenthal, ist nach Vagusdurchschneidung die Exspiration stets eine active. Ich schliesse dagegen etwas anders wie Rosenthal, und behaupte, dieser Versuch ist bedeutungslos für die Theorie der activen Exspiration da er die Nothwendigkeit derselben nicht beweist. Denn durch den Ausschluss der Bauchmuskeln vom Respirationsacte muss auch unter sonst normalen Verhältnissen stets ein merklicher Abfall der Athmungsgrösse eintreten, da deren, nach Donders (l. c.) als Elasticität zu veranschlagende Wirkung der Bauchmuskeln einen integrirenden Factor der passiven Exspiration ausmacht. Will ich meine Ansicht über diesen Punkt aussprechen, so kann ich nach meinen Beobachtungen nur folgenden Satz formuliren: „Je überwiegender die Inspiration, desto häufiger haben wir eine active Exspiration zu constatiren. Lässt dieses Verhältniss

ach, so nähert sich die Exspiration wieder dem passiven ypus, indem sie zur Inspiration in eine der Norm entprechende Proportion tritt."

Zum Schlusse erlaube ich mir noch auf ein Paar urven zu verweisen (vergl. Taf. Fig. 16. 17. 18.), welche war unter denselben Bedingungen, wie die bereits oben wähnten, aber nur von einem alten Kaninchen gewonnen urden. Da dieselben von mehr gleichmässiger Configuation, so bieten sie eine schöne Gelegenheit, das allmälige inken der Athemfrequenz und hiermit in Uebereinstimung die entsprechende Tiefenzunahme der Einzelrespiationen sehr gut demonstriren zu können. Es ist Fig. 6. diret nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung Fig. 7. vier Stunden später und Fig. 18. 29 Stunden nach esagter Operation aufgenommen. Ich glaube der erläuenden Wörte mir hier ersparen zu können, denn die erhältnisse sind bereits geschilderte und ihre concreten ormen im Curvenbilde sind einfach genug um auch als tumme Zeugen ein beredtes Zeugniss abzulegen. Betrachten wir bei Fig. 16 die Respirationsgeschwindigkeit, o ist dieselbe im Vergleiche zu Fig. 17 und 18 wohl aum im Stande, die Behauptung Budge's, welche wir ben bestätigen konnten, auch in diesem Falle zu conatatiren. Wir finden die grösste Abnahme hier nicht irect nach der Operation, sondern sehen bei der Verfolgung des weiteren Verlaufes, das Minimum der Respirationsfrequenz in den späteren Stadien.

Ziehen wir zuletzt noch eine Parallele zwischen den beiden Curvengruppen, so ergiebt sich dass die Folgezustände, wenngleich einen gemeinsamen Grundzug nicht verläugnend, doch wesentliche Modificationen zu erkennen geben. Bedenkt man aber, dass diese Mannigfaltigkeiten in beiden Fällen durch ein und dasselbe veranlassende Moment gesetzt sind, so liegt nichts näher als der Grund für dieselben in einer verschiedenen individuellen Anlage

zu suchen. Da wir eine derartige, in ihren Folgen so bedeutende Individualitaet von Seiten der hierbei in Betracht kommenden Organe, mit Ausnahme des Kehlkopfs, direct negiren müssen, so erübrigt nur der Schluss, dass die Ursache der differentiellen Zustände eben in letzterem zu suchen ist.

Die eigenthümliche Glottisbildung in den verschiedenen Altersperioden ist demnach das modificirende, ihre Verengerung durch Stimmbandlähmung das störende Hauptmoment in der Ausführung des normalen Respirationsgesetzes.

VI.
Die Athmung bei Pneumothorax.

Von der Annahme ausgehend, dass die Aufnahme sämmtlicher Curvenbilder zur Bildung eines allgemeinen Urtheils sowie im Interesse einer bessern Uebersicht von einem und demselben Thoraxpunkte aus geschehen müsse, habe ich auch in diesem Falle den proc. ensiformis als Untersuchungspunkt gewählt. Leider ward hierdurch eines Umstandes zu wenig Rechnung getragen, welcher für die Fixirung der durch diesen Krankheitsprozess in der normalen Respirationssphäre hervorgerufenen Störungen von entschiedenem Belang ist.

Es ist nämlich die Excursionsbreite des proc. ensiformis in der Norm durch die gemeinsame Schwingungsgrösse beider Thorax-Seiten bedingt, woraus hervorgeht, dass die Integritätsverletzung des normalen Athmungsmechanismus einer Hälfte, Alterationen in der Schwingungsbreite des proc. ensiformis veranlassen muss, die sich dann auch in den von diesem Punkte gewonnenen Curvenbildern in entsprechender Weise repräsentiren.

Gewiss ist es aber nicht zulässig die auf diese Art erzielten Resultate als den alleinigen Effect der durch künstlichen Pneumothorax krankhaft afficirten Seite aus-

ulegen, sie sind vielmehr summarisch das Facit der gesunden und kranken Seite zusammen. Nichtsdestoweniger gestatten sie, wenngleich auch keine vollkommen genaue Präcisirung der gestörten Respirationsrhythmik, so doch jedenfalls ein annäherndes Urtheil über dieselbe.

Der Befund, welchen wir in den vorliegenden Curven antreffen, ist (vergl. Fig. 19) folgender: Vermehrte Respirationsfrequenz und in Folge dessen Abnahme der Respirationsgrösse. Der Inspirationsschenkel steigt schnell an, hält sich aber am Ende der Inspiration eine Zeit lang auf der Höhe, so dass dadurch die ganze Inspirationsphase in zwei Schenkel zerfällt, die sich zu einander annähernd wie 1:1⅔ verhalten. Dieser Inspirationstonus geht sodann ziemlich steil in den Exspirationsschenkel über, dessen momentane Geschwindigkeit besonders gegen das Ende hin bedeutend abnimmt. Diese Geschwindigkeitsabnahme ist durch eine gewisse Zackenbildung leicht charakterisirt, welche, wie ich mir vorstelle, durch einen die aktive Exspiration hemmenden Eingriff eines Inspirationsmuskels erzeugt wird. Das Verhältniss der In- zur Exspiration ist gerade umgekehrt, wie in der Norm, in Zahlen ausgedrückt im Mittel ungefähr wie 3:1.

VII.

Die Athmung bei Gehirndruck.

Die Curven dieser Serie bieten des Interessanten und Mannigfachen Viel, gestatten aber leider nicht, das Gefundene genau zu definiren. Denn wie wir leicht sehen werden entziehen sich die bei dieser Operation alterirten Organe sowohl, wie der sie treffende Insult einer bestimmten Controlle.

Berücksichtigen wir nämlich, dass die Schädelöffnung keine so ergiebige Weite annehmen kann, dass zugleich neben den drückenden Finger des Assistenten das Auge des Beobachters die durch diesen Druck in ihrer nor-

malen Function compromittirten Centralorgane zu übersehen im Stande ist und berücksichtigen wir noch ferner, dass wir für die Stärke des einwirkenden Druckes, ausser dem subjectiven Gefühle des Assistenten, jedes Maasses entbehren, so liegt die Schwierigkeit einer genauen Präcisirung der gesetzten Effecte mehr denn klar zu Tage. Und könnte auch flugs diesen beiden Punkten genügend Rechnung getragen werden, so würde doch die Lücke in der physiologischen Kenntniss, welche die normale Thätigkeit der in Mitleidenschaft gezogenen Nervenapparate noch fraglich erscheinen lässt, eine neue unüberwindliche Schwierigkeit ergeben. Es wird demnach meine Thätigkeit sich nur darauf erstrecken können, die Reactionen des Organismus in specie die der Respirationssphäre, entsprechend den verschiedenen Druckeinwirkungen laut Curvenbildes mitzutheilen.

Schon gleich die erste Curve (vergl. Taf. Fig. 20), welche nach der Eröffnung der Schädelhöhle aufgenommen wurde, ohne dass irgend ein Druck ausser der athmosphärischen Luft auf das Gehirn einwirkte, zeigt wesentliche Abweichungen von der Norm. Das Athmen ist beschleunigt und ungeheuer oberflächlich, die Configuration der Einzelcurve lässt die Inspirationsphase gegenüber der Exspiration ungleichmässig kurz erscheinen, während jedoch die momentane Geschwindigkeit derselben nahezu normal bleibt. Die Exspiration erfolgt von der Uebergangstelle an, in der Mehrzahl der Curven sehr träge, während gegen die Mitte oder das letzte Drittel, die momentane Geschwindigkeit zunimmt. Diese Geschwindigkeitszunahme tritt bisweilen so plötzlich auf, dass sie im Curvenbilde eine Winkelbildung hervorruft. In einzelnen Fällen zeigt sich dagegen die momentane Geschwindigkeit während des ersten Viertels bis Drittels beschleunigt, wird sodann protrahirt um gegen das Ende wiederum zuzunehmen. Noch wieder andere Curven lassen diese

erhältnisse kaum andeutungsweise erkennen, der Gemmteindruck ist hier ein dem normalen Typus sich ihernder.

Was den Uebergang der Exspiration in die nächstlgende Inspiration anlangt, so geschieht derselbe ziemlich lmählig und stellt sich im graphischen Bilde als Schlinge ar, ohne dass jedoch von Pausenbildung die Rede sein nn.

Das hier zwischen dem in- und exspiratorischen chenkel obwaltende Verhältniss wird annähernd durch ie Proportion von 1 : 5 wiedergegeben. Die Athmungsrösse der Norm verhält sich zu der Athmungsgrösse in iesem Fall ungefähr wie 3 oder 2 : 1. —

Die nächste Tafel (vergl. Fig. 21) führt uns eine eihe von Curven vor, welche unter drei verschiedenen edingungen aufgenommen wurden. Der Abschnitt A. zeigt ns Curven, welche alle die im ersten Theile des vorigen assus erwähnten Verhältnisse sehr prägnant demonstiren nd ist auch unter den ähnlichen wie oben obwaltenden mständen entstanden. In der zweiten Abtheilung B. ehen wir dagegen den Effect, welcher durch die Einirkung eines relativ sehr starken Druckes auf das Gehirn usgelöst wurde und finden dem entsprechend eine Anderstaltung der betreffenden Curven. Vielleicht lässt jedoch er erste Eindruck, welchen wir uns bei einem oberflächlichen Blicke bilden, etwas Bedeutenderes vermuthen, als vir es bei eingehenderem Studium wirklich finden. Auffallend ist allerdings die Ausgiebigkeit der einzelnen Curven nd die dem entsprechende Configurationsverschiedenheit, welche in der That doch nur geringe Abweichungen von ler vorigen Form erkennen lässt. Der Inspirationsschenkel chnellt ziemlich schnell in die Höhe, während dabei die nomentane Geschwindigkeit vom Beginne bis zu Ende zu achsen scheint. Die Exspiration beginnt mit einer sehr eringen momentanen Geschwindigkeit, welche bis gegen

die Hälfte der ganzen Exspirationsdauer allmählig an Stärke gewinnt, dann aber plötzlich sehr gross wird und bis zum Ende sichtlich zunimmt. An dem Punkte, wo diese Geschwindigkeitsvermehrung stattfindet, zeigt die Curve eine Winkelbildung, durch welche die Exspirationsphase in zwei Schenkel zerlegt wird. Der an die vorhergehende Inspiration sich anschliessende Schenkel ist zeitlich bedeutend grösser, als der andere im Curvenbilde den grössten Theil der Exspiration darstellende Schenkel. Betrachten wir ferner den Uebergang der Ex- in die nächstfolgende Inspiration, so finden wir, dass derselbe in den meisten Fällen nicht direct stattfindet, sondern durch eine, oft nur angedeutete Zwischencurve unterbrochen wird. Ich glaube diese Erscheinung, wie bereits schon früher einmal auch hier für die Rückwirkung des elastischen durch exspiratorische Muskelkräfte verengten Thorax deuten zu müssen, demnach die im zweiten Schenkel constatirte momentane Geschwindigkeitszunahme auf eine theilweis active Exspiration zurückzuführen wäre.

Was die Athemfrequenz in diesem Falle betrifft, so ist sie um Weniges geringer wie oben. Die Inspiration verhält sich zur Exspiration wie 1 : 2. —

Der dritte Abschnitt unserer Curventafel C. zeigt uns den Respirationsrhytmus nach aufgehobenem Drucke. Die Configuration dieser Curven dürfte uns in der That überraschen, denn anstatt, wie zu vermuthen nahe stände, ein dem im ersten Theile als A. bezeichnetem Curvencomplexe analoges Bild zu bekommen finden wir hier Curven eigenster Bildung. Wie ein oberflächlicher Blick uns leicht zeigen kann ist die Athemfrequenz im Vergleich zur Norm vermehrt, während sie, wie die Berechnung ergeben hat, von der Frequenz der vorhergehenden Serie nicht wesentlich differirt. Was die Analyse der Einzelcurve betrifft, so verhält sich die Inspiration zur Exspiration ungefähr wie 1 : 3—4.

Während der inspiratorische Schenkel ausser einer von Anfang bis zu Ende zunehmenden momentanen Geschwindigkeit wenig bietet, zeigt die exspiratorische Phase ein ganz eigenes, dem des vorigen Abschnittes direkt entgegengesetztes Verhalten. Hatten wir da im Beginne der Exspiration eine sehr geringe momentane Geschwindigkeit zu verzeichnen, die aber dann plötzlich anwachsend bis gegen das Ende hin zunahm, so gestaltet sich hier der Befund folgendermassen:

Die Inspiration geht urplötzlich in die Exspiration über, welche sofort bei ihrem Beginne den höchsten Grad der momentanen Geschwindigkeit annimmt, der dann bis zum 1. Viertel oder bis zur Hälfte nur wenig abnehmend, plötzlich mit retardirtem Tempo den übrigen Theil seiner Wegstrecke zurücklegt. Bis zu dem Punkte der plötzlich abnehmenden momentanen Geschwindigkeit ist der Exspirationsschenkel dem Inspirationsschenkel nahezu gleich. Es entsteht daher im Curvenbild in Form eines gleichschenkligen Dreiecks mit nach aussen gewandter Basis, letztere den graphischen Ausdruck darstellend für den mit depotenzirter momentaner Geschwindigkeit durchlaufenen Theil der Exspirationsphase. —

Jede neue Tafel bringt uns ein neues Bild, aber auch ein neues Räthsel. Betrachten wir den ersten Theil von Fig. 22, also Curven, welche gewonnen wurden ohne dass irgend ein Druck auf das Gehirn eingewirkt hat, demnach Verhältnisse darstellt, welche wir bereits kennen; und doch ist ihr Bild eine neue Variation der interessantesten Art.

Wir sehen hier in den ersten vier Curven eine eigenthümliche Modifikation, indem der Inspirationsschenkel die Rolle des Exspirationsschenkels übernommen zu haben scheint. Zerlegen wir uns eine Curve in 4 Theile, so kommen ungefähr $\frac{3}{4}$ der Zeit auf die Inspiration und $\frac{1}{4}$ auf die Exspiration. Von diesen $\frac{3}{4}$ sehen wir die Inspiration anfangs langsam anwachsend, bald mit zuneh-

mender Geschwindigkeit das erste Viertel zurücklegen, hierauf nimmt plötzlich die momentane Geschwindigkeit ab, hält sich eine kurze Zeit auf derselben Höhe und sinkt sogar, um dann wieder emporzusteigen. Die Zeit von der Geschwindigkeitsabnahme bis zum Beginne der Exspiration beträgt die Hälfte der ganzen Respirationsdauer. —

Die Exspiration zeigt in ihrem Anfange die grösste momentane Geschwindigkeit, welche gegen das Ende allmählig abnehmend langsam in die nächstfolgende Inspirationsphase sich verläuft. Die vierte Curve zeigt eine ganz besondere Configuration, während die ihr folgenden wieder einen Typus annehmen, wie wir ihn bereits oben bei den Curven gleicher Bedingung zu studiren Gelegenheit hatten. Es wechselt der Rhythmus in dieser Curve gewissermassen den Schritt. Wir finden in derselben anfangs die Inspiration scheinbar in der beschriebenen Weise ansteigen, die momentane Geschwindigkeit plötzlich sinken und eine kurze Zeit auf derselben Höhe verweilen, dann aber mit einer jäh anwachsenden Geschwindigkeit sich zu einer excessiven Höhe emporschnellen, von deren Gipfel der Exspirationsschenkel mit einer relativ grossen und nur wenig abnehmenden Geschwindigkeit herabfällt, um in einer uns bekannten Weise in die nächstfolgende Inspiration überzugehen.

Der zweite Theil unserer Curve führt uns den Effect eines mittelstarken Druckes auf das Gehirn vor, der sich dadurch charakterisirt, dass die Inspiration, nachdem sie langsam begonnen und bis zu einer gewissen Höhe mit einer wachsenden Geschwindigkeit angestiegen ist, plötzlich mit einer geringen momentanen Geschwindigkeit in der Mehrzahl der Curven sich eine Zeit lang auf derselben Stufe erhält, um dann in eine Exspiration mit allmälig abnehmender Geschwindigkeit überzugehen. Was die Athem-

requenz anbelangt, so erreicht sie in diesem Falle annähernd die Norm.

Die nun folgenden Curven reproduciren uns den Eindruck bekannter Verhältnisse, aber wiederum in einer neuen modificirten Form. Vergleichen wir die unter ähnlichen Bedingungen erhaltenen Curven (Fig. 21) mit den vorliegenden, so zeigt uns schon der erste Blick, dass in unserem Falle die Configuration einen anderen geradezu entgegengesetzten Typus repräsentire. Es ist wie dort der ex- hier der inspiratorische Schenkel der Träger des abnormen Verhaltens; indem er scheinbar normal ansteigend, schon nach einer sehr kurzen Zeit mit bedeutend verlangsamter Geschwindigkeit den grössten Theil der Respirationsdauer, behufs eines weiteren geringen Ansteigens einnimmt. Ihm folgt unmittelbar die Exspiration, welche von ihrem Beginn bis zu ihrem Ende mit allmählig abnehmender Geschwindigknit verläuft. Die Athemfrequenz ist im Vergleich zur Norm vermehrt, dagegen geringer als wie in dem oben erwähnten correspondirenden Falle. (vergl. Fig. 21). Die letzten Curven, welche nach Aufhebung des einwirkenden Druckes aufgenommen wurden, bieten bekannte Verhältnisse und dürfen desshalb hier wohl übgergangen werden.

Ich habe jetzt noch zwei Gruppen von Curven hinzuzufügen, welche zwar beide die Folgen sehr starker Druckeinwirkungen darstellen, aber in ihrer Configuration sowie in ihren Resultaten gewaltige Unterschiede erkennen lassen.

Die erste Gruppe schliesst sich der zuletzt beschriebenen Serie genau an und bietet Verhältnisse, welche, abgesehen von kleinen Modificationen, in ihren Grundzügen den bereits erörterten vollständig analog sind. Ich halte mich daher von einer ausführlichen Interpraetation für dispensirt und verweise nur auf die entsprechende Tafel (vergl. Fig. 23).

Die zweite Curvengruppe bildet einen interessanten Schluss dieses durch seine so variabeln Effecte gewiss sehr interessanten Capitels und lehrt uns die Art und Weise kennen, in welcher das in seiner Function alterirte Centralorgan der Respiration auf Druckeinwirkung zu antworten pflegt.

Es sind die vorliegenden Curven (vergl. Fig. 24) das Facit eines sehr tiefen Gehirndruckes, welcher aber nicht so sehr die mehr median liegenden Nervenapparate betraf, als hauptsächlich auf die medulla oblongata einwirkte.

Die Athemfrequenz ist im Vergleich zu all den vorangegangenen Curven hier am geringsten, im Vergleiche zur Norm aber immer noch, wenn auch nur wenig beschleunigt. Die Configuration der Curven erinnert an die normale Form, indem der In- und Exspirationsschenkel im graphischen Bilde die Figur des Winkels nachahmt. Was die Détails der Einzelcurven betrifft, so ist die Inspiration das zeitlich bedeutend überwiegende Moment und verhält sich zu der darauf folgenden Exspiration, wie ungefähr 4 bis 3:1. Sie beginnt mit relativ geringer Geschwindigkeit, welche in der Mitte ihres Verlaufes den Höhepunkt erreicht, um gegen das Ende hin wieder abzunehmen. Die Exspiration setzt meistens nicht sehr plötzlich an, nimmt aber alsbald zu und geht im unteren Drittel des Weges oft ruckweise in ein langsames Tempo über, was sich am Curvenbilde durch Zackenbildung kennzeichnet. Der Uebergang der Inspiration in die nächstfolgende Exspiration findet direkt aber nicht plötzlich statt. —

Geben wir zum Schluss noch ein kurzes Resumé von dem, was wir bei dem Studium dieses Capitels beobachtet haben, so lässt sich dasselbe in folgenden Hauptsatz zusammenfassen: Das Gehirn anwortet auf Druckeinwirkungen, mögen sie stark oder schwach sein, mit einer im Vergleich zur Norm beschleunigten Athemfrequenz, die aber um so geringer, je mehr der Druckpunkt sich der

medulla oblongata nähert. Ich will noch bemerken, dass ich unter der Athemfrequenz der Norm jenes Tempo verstehe, welches das vollkommen ruhige Athmen charakterisirt. (verg. Taf. Fig. 4).

Zum Schlusse will ich noch eine Beobachtung mittheilen, welche Bert*) bei einem Hunde gemacht hat, dem er, nachdem ihm beide N. n. Vagi durchschnitten worden waren, durch einen Stich in die medulla oblangata, in die Gegend des noeud vital, tödten wollte. Sie lautet: „Je pique la moelle allongée avec un trocart, afin de tuer l'animal; la lésion ne portant pas juste sur le noeud vital, le chien n'est pas tué, mais le respiration dimunient normément d'amplitude et même de nombre; elles deviennent même régulières d'apparence, et l'expiration ne se scinde plus en deux temps, probablement à cause de la moindre amplitude." Die Curve, welche Bert beifügt, zeigt die Respiration relativ verlangsamt, dagegen im Vergleich zur Norm, doch noch wesentlich beschleunigt. Demnach dürfte diese Beobachtung Bert's den von mir aufgestellten Satz, gegenüber der allgemeinen Annahme, mit bestätigen helfen. —

VIII.
Die Athmung nach Durchschneidung der N. n. phrenici.

Durch diese Operation entziehen wir dem respiratorischen Muskelapparate seinen wichtigsten Factor, nämlich das Zwergfell. Da dasselbe vorzüglich dem Acte der Inspiration vorsteht, so liegt es nahe den Effet dieses Experimentes seiner Hauptsache nach, am aufsteigenden, der Inspiration entsprechenden Curvenschenkel zu vermuthen. In der That erscheint denn auch beim ersten Blick die Inspirationsphase am wesentlichsten verändert, wenn-

*) a. a. O.

gleich auch die Exspiration keine normalen Verhältnisse zeigt. Der Sachverhalt, wie er uns im Curvenbilde entgegentritt, lässt ungefähr folgendes erkennen: (vergl. Fig. 25).

Die Inspiration erscheint in zwei Acte getheilt von denen der erstere eine eigene Respiration darstellt, aber mit der Eigenthümlichkeit, dass der zu einer verhältnissmässig prolongirten Inspiration gehörige Exspirationsschenkel sehr klein ist. Indem dieser Exspirationsschenkel nach kürzester Zeit wiederum in eine neue Inspiration übergeht, bildet er den zweiten Theil der ganzen Inspirationsphase. Die hierauf folgende Exspiration beginnt ziemlich plötzlich, mit einer sehr beschleunigten momentanen Geschwindigkeit, die aber nach kurzer Zeit und oft unter deutlicher Winkelbildung in ein auffallend langsam werdendes Tempo übergeht. — Allmälig wie sich die Exspiration verliert, steigt die folgende Inspiration an, um ein ähnliches Spiel, wie das eben beschriebene, von Neuem zu wiederholen. Dass die Athemfrequenz auf diese Weise bedeutend vermindert sein muss, dürfte sich aus dem Gesagten wohl hinreichend ergeben; auch genügt schon ein flüchtiger Blick auf die Curve, um sich davon überzeugen zu können. Vergleichen wir ein etwas später aufgenommenes Bild desselben Processes, so treten uns die einzelnen Momente in einer etwas veränderten Form entgegen. (vergl. Fig. 26.)

Obgleich auch hier der grösste Zeitabschnitt auf die Exspiration fällt, vermissen wir, abgesehen von dem allmähligen Ansteigen der Inspirationsphase ihre characteristische Theilung. Nachdem einmal einer relativ ergiebigeren Inspiration eine noch ergiebigere Exspiration gefolgt ist, wechseln kurze Inspirationen mit unverhältnissmässig langen Exspirationen.

Noch andere, aber ähnliche Verhältnisse zeigt uns die folgende Curve, (vergl. Fig. 27.) Auch hier ist der Inspirationsschenkel eine einfache Linie, welche aber sich

ziemlich plötzlich von der protrahirten Exspiration absetzend mit zunehmender momentaner Geschwindigkeit emporsteigt, um in eine Exspiration überzugehen, die durch ihre, bis gegen das Ende immermehr abnehmende momentane Geschwindigkeit ausgezeichnet ist. Eine weitere Modification der Curve erkennen wir an der folgenden Figur. (Vergl. Fig. 28.) Die Inspiration ist hier ebenfalls im Vergleiche zur Exspiration sehr beschleunigt, ihr Anfang aus der vorhergehenden Exspiration ist noch ziemlich schnell, wenngleich auch nicht so plötzlich, wie eben; die Exspiration zeigt eine mehr gleichmässig abnehmende Geschwindigkeit, wodurch sie sich von der eben beschriebenen unterscheidet, bei der nach dem ersten Drittel bis Hälfte, die momentane Geschwindigkeit sich bedeutend verlangsamte.

Stellen wir den Befund, wie ihn uns die Curve bietet, zusammen, so haben wir vor Allem eine auffallend prolongirte Exspiration, der eine entsprechend kurze Inspiration folgt. Ueber das Zustandekommen dieser Erscheinung habe ich mir folgende Vorstellung gebildet: Dadurch, dass das Zwergfell nicht mehr fungirt, ist die Längsausdehnung des Thorax stark beeinträchtigt. Die untern Lungenlappen würden demnach an der Respiration nur wenig Theil nehmen können, da die in- wie exspiratorische Seiten- und Tiefenausdehnung des Thorax wohl kaum allein im Stande sein dürfte, eine zur Aspiration neuer Luftvolumina, hinreichende Verdünnung der in den Lungenalveolen noch rückständigen Luft zu bewirken. Ebenso wenig könnte anderseits die exspiratorische Verengerung des schrägen und tiefen Thoraxdurchmessers allein eine genügende Entleerung der Alveolen der untern Lungenlappen veranlassen. Ein schnell sich entwickelndes vicarirendes Emphysem mit seinen Folgen und die Zeichen einer allmähligen Kohlensäureintoxication mit laetalem Ausgange wären das sichere

Resultat dieses Versuches. Auf eine herrliche Weise zeigt uns nun das Curvenbild, wie die Natur Alles anstrengt, um den Todbringenden Bedingungen entgegenzuarbeiten, welche wir durch die Durchschneidung der n. n. phrenici gesetzt haben. Entgegen dem normalen Respirationsgesetze begegnen wir hier einer Exspirationsphase, die der Zeitdauer nach, das drei- bis vierfache der Inspiration ausmacht, während letztere kurz aber ziemlich intens ist. Der Zweck, welchem auf diese Weise Rechnung getragen wird, ist: Durch eine prononcirte Exspirationsbewegung eine ergiebigere inspiratorische Aspiration zu bewirken.

Denn dadurch, dass die Lungen grösstmöglichst comprimirt werden, entleert sich ein Maximum von Luft, wodurch die zurückbleibende bei der nächstfolgenden inspiratorischen Ausdehnung äusserst verdünnt wird, und auf diese Weise das leichtere Eindrigen der nachströmenden Athmosphäre auch in die tiefer gelegenen Lungenabschnitte ermöglicht. —

IX.

Die Athmung nach Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des zweiten Brustwirbels.

Dieser Versuch bildet gewissermassen das Pendant zu dem eben beschriebenen, indem er uns den Respirationsact unter direct entgegengesetzten Bedingungen vorführt. — Fast der ganze respiratorische Muskelapparat mit Ausnahme des Zwergfells ist gelähmt und ausser Thätigkeit gesetzt. Die Curven, deren ich eine ganze Reihe angefertigt habe, zeigen mit überraschender Einstimmung dasselbe Bild. Die Inspiration ist im Verhältniss zur Exspiration das untergeordnete Moment, während letztere, in analoger Weise wie eben, äusserst prolongirt erscheint. Die Erklärung dieser Verhältnisse ergibt sich fast von selbst, wenn man sich vorstellt, dass die Inspiration der Effect

ner Muskelcontraction, die Exspiration dagegen, rein passiv, durch die elastische Wirkung der Bauchmuskeln und comprimirten Intestina zu Stande kommt. (Vergl. Fig. 29).

Zuletzt ergibt sich noch aus diesem Versuche, dass, wie bereits Beau, Maissiat und Lehwess nachgewiesen haben, durch die Contraction des Zwergfells die untere Thoraxappertur erweitert wird, respective die untern Rippen gehoben werden. Denn der proc. ensiformis, von dem vorliegende Curve aufgenommen, zeigt bei einer jeden inspiratorischen Zwergfellscontraction eine deutliche Hebung deren Grund in einer Contraction der Thoraxmuskeln in diesem Falle wohl kaum gesucht werden kann. —

X.

Die Athmung bei verengter Mund- und Nasenhöhle.

Dadurch das Mund- und Nasenhöhle theilweis geschlossen werden, verlegt man die einzige Communicationsstrasse zwischen Lungen- und Athmosphärenluft und schafft einen Zustand, welcher dem Effecte einer Laryngostenose vollständig gleichkommt. Die erste Folge ist sichtliche Athemnoth, denn durch das verengte Lumen des respiratorischen Ansatzrohres kann unter den gegebenen Verhältnissen nur eine zur Norm ungenügende Luftsäule eintreten. Wir finden daher (vergl. Fig. 30) dass das Thier durch eine prolongirte Inspiration den Luftmangel zu compensiren sucht, welcher durch das mechanische Hinderniss hervorgerufen wird. Die Exspiration erfolgt im Verhältniss zur Inspiration beschleunigter, ohne dass ich jedoch eine Muskelwirkung hier annehmen zu müssen glaube. —

Dadurch das eine extreme Thoraxausdehnung und zugleich eine sehr angestrengte Contraction des Zwergfells angewendet wird, steigt der Factor der exspiratorischen Elasticitätsspannung zu einer bedeutenden Höhe. Anders, glaube ich, verhält es sich bei einem Totalverschluss der

Mund- und Nasenhöhle. (Vergl. Fig. 31). Wir finden zwar auch hier dieselben Verhältnisse bei In- wie Exspiration, in einer nur mehr ausgesprochenen Weise. Die Inspiration mühsam ansteigend ist äusserst prolongirt und wird von einer Exspiration gefolgt, deren momentane Geschwindigkeit nahezu den höchsten Grad erreicht hat, so dass man kaum annehmen kann, dass sie nur das Product der elastischen Kräfte darstelle: sondern hier glaube ich nicht zu irren, wenn ich die Exspiration als eine active ansehe. Leider ist es mir nur gelungen, eine Curve hiervon darzustellen, doch sind ihre Verhältnisse deutlich genug, um sich eine genügende Vorstellung von dem veränderten Athmungsmechanismus bilden zu können. Die Dyspnoë ist eine sehr grosse, die Athemfrequenz sehr herabgesetzt, dem entsprechend aber die Tiefenzunahme der einzelnen Respirationen bedeutend. —

XI.

Schreibewegungen und der letzte Athemzug bei Verblutung.

Curven herzustellen, welche die Thoraxbewegungen während des Schreiens wiedergeben, ist mir unter normalen Verhältnissen nicht geglückt. Dagegen verweise ich auf zwei Curven Fig. 32 und 33, welche beide diesem Zwecke entsprechen, obgleich sie unter sehr differenten Bedingungen entstanden sind.

Erstere stellt die Thoraxbewegungen, während des Schreiens nach durchschnittenen Vagis dar, letztere nach durchschnittenen Phrenicis. Abgesehen von einzelnen Modificationen ist der gemeinsame Befund der, dass je zwei Respirationen durch eine kleine Zwischenrespiration getrennt sind und dass ferner die Tiefe der einzelnen Respirationen gegen das Ende hin abnimmt, um unmittelbar wieder in die gewöhnliche Respirationskette überzugehen. Zu bemerken bliebe noch, dass bei Fig. 33,

wohl bei den Haupt- als Nebenrespirationen, die Inspiration prolongirter als die Exspiration ist, während Fig. 32 folgendes Verhalten zeigt: Die Exspiration ist bei den Hauptcurven gegenüber der Inspiration wesentlich verlängert, während bei den Zwischencurven sich gerade das entgegengesetzte Verhältniss beobachten lässt. —

Die Curve, Fig. 34, welche den letzten Athemzug bei Verblutung darstellt, ist von einem Kaninchen gewonnen, welches nach Vagusdurchschneidung durch Oeffnen sämmtlicher grosser Halsgefässe getödtet wurde. Bert, (l. c.) welcher über die Respiration während der Verblutung mehrere Versuche angestellt hat, schildert den Vorgang wie folgt: „Les phases de la respiration d'un animal soumis à une hémorrhagie mortelle ressemblent beaucoup à celles que produit une asphyxie graduelle, comme l'asphyxie en vases clos; la respiration s'accélère aussitôt, après un peu plus deux minutes survient une petite convulsion, puis un très-grande du corps entiere et durant laquelle ne se fait aucun mouvement respiratoire; ces mouvements reviennent, puis diminuent graduellement et le tout se termine par une convulsion presque aussi violente que celle qui a précédé."

Der Beobachtung Bert's kann ich vollständig beistimmen, nur vermisste ich den zweiten Convulsionsanfall, welcher das Lebensende begleiten soll. Hier zeigt meine Curve einen einfachen Uebergang der letzten schwachen Respiration in eine unendliche Pause. —

XII.

Schluss.

So schliesse ich denn diese Arbeit, ohne leider das Bewusstsein mitnehmen zu können die streitigen Punkte vollständig geklärt und sämmtliche Zweifel gebannt zu haben, welche auf diesem Gebiete, in noch zu grosser Menge, den physiologischen Gesichtskreis beengen. Auch

betrachte ich dieses Opusculum keineswegs als vollständig geschlossenes Ganze; denn nothgedrungen durch die engen Grenzen einer Dissertation, musste ich eine Reihe von Beobachtungen unberührt lassen, welche im Curvenbilde mir bereits vollendet vorliegen. Ich sage aber auch mit diesen Zeilen den kaum begonnenen Untersuchungen noch keineswegs Valet sondern verspreche in der Hoffnung „post nubila Phoebus", in nächster Mussezeit mit neuer Liebe und frischem Eifer das unterbrochene Studium wieder aufzunehmen und nach den verschiedensten Richtungen hin weiter zu verfolgen. Wenn ich im Verlaufe der Arbeit mich auf Polemik einliess, so geschah dieses aus der vollsten Ueberzeugung von der Richtigkeit meiner Beobachtungen; sollte ich dadurch irgend welchen Anstoss erregt haben, so bitte ich im Voraus um Verzeihung, indem ich nichts anderes erstrebte, als meinem Principe „der Wahrheit treu" auch in dieser Richtung gerecht zu werden.

Zuletzt sei es mir noch gestattet, an diesem Orte meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Landois meinen innigsten Dank auszusprechen, für die Freundlichkeit, die er mir bei der Anfertigung vorliegender Arbeit angedeihen liess und mit welcher er mir in liberaler Weise das Untersuchungsmaterial zur Verfügung stellte.

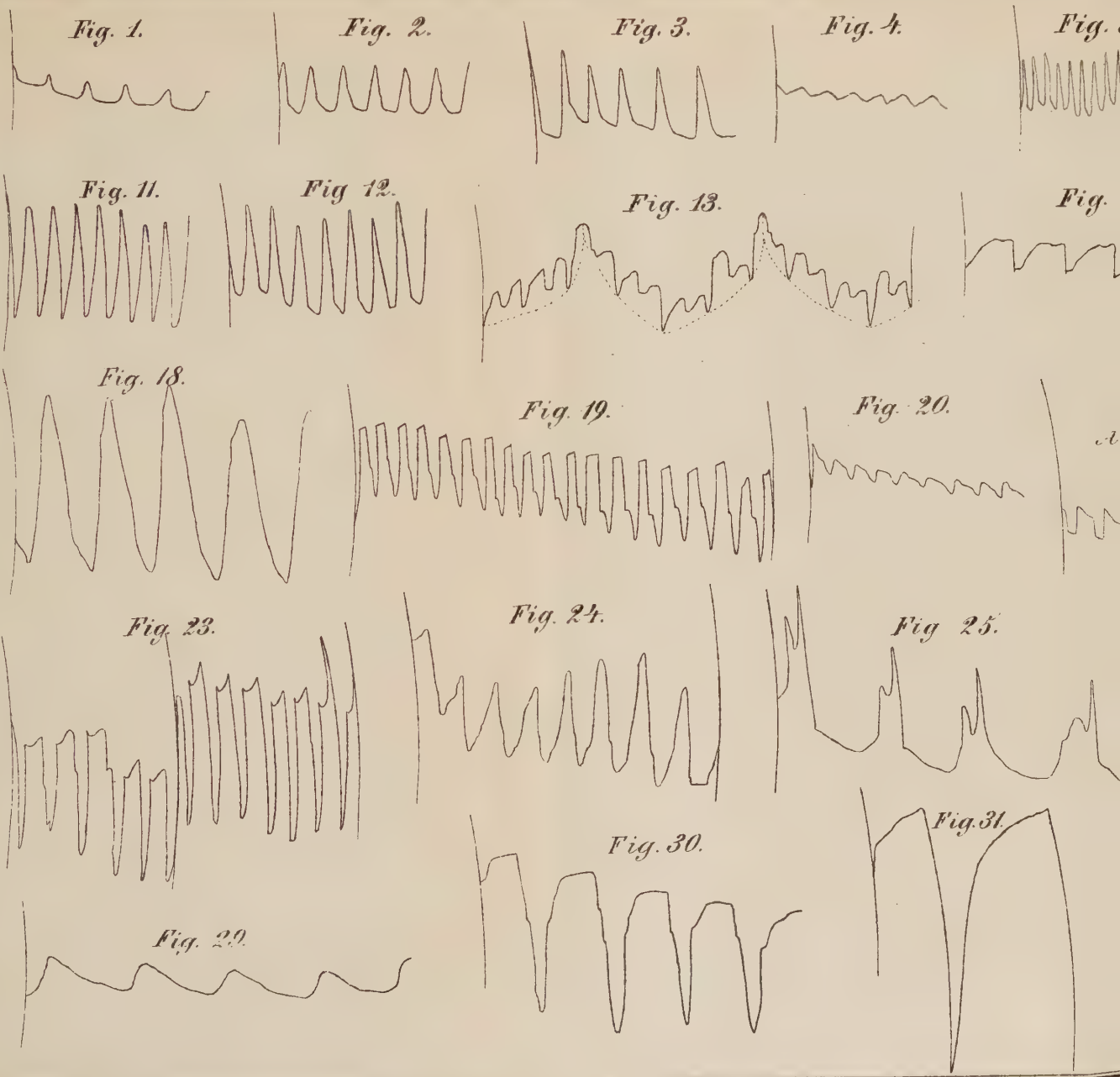
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig.
Fig. 11.
Fig 12.
Fig. 13.
Fig.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig 25.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 29.

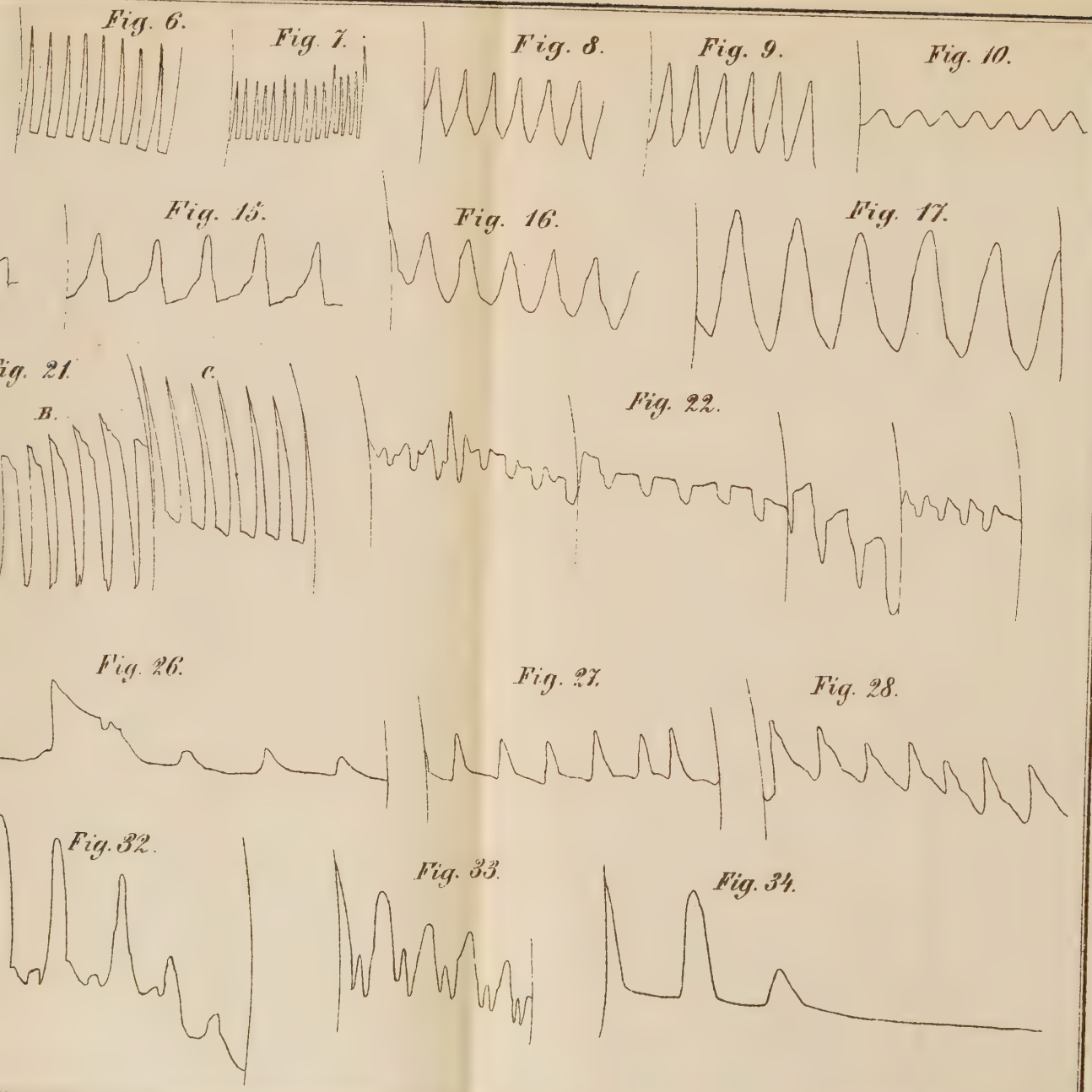
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
ig. 21.
B.
C.
Fig. 22.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.

Lebenslauf.

Am 27. Mai 1850 wurde ich, Adolph Kratzert, zu Gr. Rauden, Oberschlesien, geboren. Da mein seliger Vater alsbald eine Pacht auf Schloss Corvey bei Höxter, In Westfalen, übernahm, so kam ich in frühester Jugend nach Westfalen. Den ersten Unterricht erhielt ich durch einen Privatlehrer im elterlichen Hause, und besuchte, nachdem ich eine hinreichende Vorbilduug genossen, die kathol. Selecta zu Höxter. Im Jahre 1865 ging ich auf das Gymnasium zu Paderborn über, woselbst ich die Unter-Secunda absolvirte. Da inzwischen meine liebe Mutter wieder nach Schlesien zurückgezogen war, folgte ich im Herbste ihr ebenfalls nach, und wählte mir zur Fortsetzung meiner Studien das Gymnasium zu Neisse, welches unter der Leitung des weithin bekannten und namentlich von seinen Schülern hochverehrten Directors Dr. Zastra sich eines vorzüglichen Rufes erfreut. Nachdem ich im Herbste 1869 meine Abiturientenprüfung bestanden, bezog ich die Universität Greifswald, wo ich mich dem Studium der Medicin widmete.

Meine Studien wurden durch den Krieg unterbrochen. Ausgebildet bei der schweren Ersatz-Batterie des Schles. Feldartillerie-Reg. No. 6, wurde ich an die 2. schwere Reserve-Batt., IV. Reservedivision des XIV. Armeecorps (General v. Werder) abgegeben, bei der ich bis zum Friedensschluss und ihrer Auflösung verblieb. — Während meiner Dienstzeit war ich auf der Universität Breslau immatriculirt, welche ich aber im Herbste 1871 wieder verliess, um meine Studien in Greifswald fortzusetzen. Am 21. December 1872 bestand ich unter dem Dekanate des Herrn Prof. Dr. Grohe das tentamen physic. und am 31. Januar 1874 unter dem Dekanate des Herrn Prof. Dr. Mosler das examen rigorosum.

Während meiner Studienzeit hörte ich folgende Vorlesungen:

Bei den Herren:

Geh. Rath Prof. Dr. Budge: Die gesammte Anatomie des Menschen; Anatomie der Sinnesorgane; Experimentalphysiologie; Physiologie der Sinnesorgane.

Prof. Dr. Limpricht: Anorganische und organische Chemie.

Inhalts-Verzeichniss.

		Seite.
I.	Einleitung	1
II.	Ueber die Art und Weise der Untersuchung	5
III.	Normaler Respirationstypus	10
IV.	Das Athmen in der Chloroformnarkose	22
V.	Das Athmen nach Vagusdurchschneidung	24
VI.	Das Athmen bei Pneumothorax	40
VII.	Das Athmen bei Gehirndruck	41
VIII.	Das Athmen nach Durchschneidung der n. n. phrenici	49
IX.	Das Athmen nach Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des 2. Brustwirbels	52
X.	Das Athmen bei verengter Mund- und Nasenhöhle	53
XI.	Schreibewegungen und der letzte Athemzug bei Verblutung	54
XII.	Schluss	55